LEONARDO FRANÇA DA SILVA
FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS
ROLDÃO CARLOS ANDRADE LIMA
(ORGANIZERS)



AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 3

Atena Editora
2024

LEONARDO FRANÇA DA SILVA
FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS
ROLDÃO CARLOS ANDRADE LIMA
(ORGANIZERS)



AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 3

Atena
Editora
2024

Chief editor
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Executive editor
Natalia Oliveira
Editorial assistant
Flávia Roberta Barão
Librarian
Janaina Ramos
Graphic project
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Cover pictures
iStock
Art edition
Luiza Alves Batista

2024 *by* Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright of the text © 2024 The authors
Copyright of the edition © 2024 Atena Editora
Rights for this edition granted to Atena Editora by the authors.
Open access publication by Atena Editora

All content in this book is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-NonDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

The content of the articles and their data in their form, correctness and reliability are the sole responsibility of the authors, and they do not necessarily represent the official position of Atena Editora. It is allowed to download the work and share it as long as credits are given to the authors, but without the possibility of altering it in any way or using it for commercial purposes.

All manuscripts were previously submitted to blind evaluation by peers, members of the Editorial Board of this Publisher, having been approved for publication based on criteria of academic neutrality and impartiality.

Atena Editora is committed to ensuring editorial integrity at all stages of the publication process, avoiding plagiarism, fraudulent data or results and preventing financial interests from compromising the publication's ethical standards. Suspected scientific misconduct situations will be investigated to the highest standard of academic and ethical rigor.

Editorial Board
Agricultural sciences
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Agricultural sciences unveiled: exploring the dynamics of farming and sustainability 3

Diagramming: Ellen Andressa Kubisty
Correction: Maiara Ferreira
Indexing: Amanda Kelly da Costa Veiga
Review: The authors
Organizers: Leonardo França da Silva
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
Roldão Carlos Andrade Lima

International Cataloging-in-Publication Data (CIP)

A278 Agricultural sciences unveiled: exploring the dynamics of farming and sustainability 3 / Organizers Leonardo França da Silva, Fernanda Lamede Ferreira de Jesus, Roldão Carlos Andrade Lima. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.

Format: PDF
System requirements: Adobe Acrobat Reader
Access mode: World Wide Web
Includes bibliography
ISBN 978-65-258-2868-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.688240911

1. Farming. 2. Sustainability. I. Silva, Leonardo França da (Organizer). II. Jesus, Fernanda Lamede Ferreira de (Organizer). III. Lima, Roldão Carlos Andrade (Organizer). IV. Title.

CDD 630

Prepared by Librarian Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

AUTHORS' DECLARATION

The authors of this work: 1. Attest that they do not have any commercial interest that constitutes a conflict of interest in relation to the published scientific article; 2. They declare that they actively participated in the construction of their manuscripts, preferably in: a) Study design, and/or data acquisition, and/or data analysis and interpretation; b) Elaboration of the article or revision in order to make the material intellectually relevant; c) Final approval of the manuscript for submission; 3. They certify that published scientific articles are completely free from fraudulent data and/or results; 4. Confirm correct citation and reference of all data and interpretations of data from other research; 5. They acknowledge having informed all sources of funding received for carrying out the research; 6. Authorize the publication of the work, which includes the catalog records, ISBN (Internacional Standard Serial Number), D.O.I. (Digital Object Identifier) and other indexes, visual design and cover creation, interior layout, as well as the release and dissemination according to Atena Editora's criteria.

PUBLISHER'S DECLARATION

Atena Editora declares, for all legal purposes, that: 1. This publication constitutes only a temporary transfer of copyright, right to publication, and does not constitute joint and several liability in the creation of published manuscripts, under the terms provided for in the Law on Rights copyright (Law 9610/98), in art. 184 of the Penal Code and in art. 927 of the Civil Code; 2. Authorizes and encourages authors to sign contracts with institutional repositories, with the exclusive purpose of disseminating the work, provided that with due acknowledgment of authorship and editing and without any commercial purpose; 3. All e-books are open access, so it does not sell them on its website, partner sites, e-commerce platforms, or any other virtual or physical means, therefore, it is exempt from copyright transfers to authors; 4. All members of the editorial board are PhDs and linked to public higher education institutions, as recommended by CAPES for obtaining the Qualis book; 5. It does not transfer, commercialize or authorize the use of the authors' names and e-mails, as well as any other data from them, for any purpose other than the scope of dissemination of this work.

PRESENTATION

The collection "Agricultural Sciences Unveiled: Exploring the Dynamics of Farming and Sustainability 3" stands out for its focus on scientific discussion, presenting a variety of works organized across its 8 chapters. This eBook aims to explore a wide range of content related to environmental issues, with an emphasis on the contemporary theme of sustainability and human responsibility in formulating strategies for sustainable environmental development.

This volume offers an interdisciplinary and categorized approach, bringing together research, case studies, reports, and reviews that cover various areas related to the environment, sustainability, and other fields interconnected with agricultural sciences. As we move into an era defined by technological innovations and increasing environmental challenges, agricultural sciences emerge as a crucial force in the pursuit of sustainable and efficient solutions. The intersection of innovation and agriculture has become the epicenter of progress, where new ideas and technologies are shaping the future of food production and resource management.

Although agriculture has a long history of adaptation and evolution, the pace of transformation witnessed today is unprecedented. The integration of disciplines such as biotechnology, artificial intelligence, data science, and nanotechnology is driving a silent revolution on farms around the world.

This work is grounded in theory derived from practice, developed by dedicated professors, academics, and researchers who present their studies in a clear and didactic manner. The significance of this scientific dissemination platform highlights the commitment and structure of Atena Editora, which offers a consolidated and reliable platform for researchers to share and publicize their results.

The authors aim to contribute relevant content, providing technical, scientific, and constructive support to readers, demonstrating that sustainability is an essential tool for growth. In this context, Atena Editora works tirelessly to encourage and support researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence, whether in the form of books, book chapters, or scientific articles.

Enjoy your reading!

Leonardo França da Silva
Roldão Carlos Andrade Lima
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

SUMMARY

EFEITOS DA TEMPERATURA E CONSUMO DE ENERGIA SOBRE PARÂMETROS PRODUTIVOS E REPRODUTIVOS DE PORCAS PRIMÍPARAS EM LACTAÇÃO: REVISÃO

Acceptance date: 02/09/2024

Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0009-0007-4210-8430

Leonardo França da Silva
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-9710-8100

Genelício Crusoé Rocha
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Leonardo Fonseca Faria
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Victor Crespo de Oliveira
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0000-0003-2719-9972

Matheus Faria Souza
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Diego de Ávila Martins Braga
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Michael Bergsten Eliphelete Rodrigues Barbosa
Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Denis Medina Guedes
Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0009-0004-9847-8471

Cauã Godinho Gomes Fraga
Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Pedro Arthur Rezende Aguiar Moura
Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Juarez Lopes Donzele
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

RESUMO: O desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes suínas reflete diretamente na produtividade em um sistema de produção de suínos. Uma das fases mais críticas é a lactação, em que a limitada capacidade de consumo de alimento pela matriz, muitas vezes, não é suficiente para atender a elevada demanda de energia para a produção de leite, ocasionando uma maior mobilização de reservas corporais, podendo comprometer o desempenho dos leitões pela redução na produção de leite. A elevada mobilização de

reservas corporais pode prejudicar a atividade reprodutiva podendo diminuir a longevidade da matriz. A caracterização apresentada neste estudo pode fundamentar projetos de nutrição e ambiência para melhorar o desempenho de matrizes suínas primíparas em granjas, melhorando sua longevidade e índices zootécnicos dos sistemas de produção.
PALAVRAS-CHAVE: suínos, lactação, primíparas e reprodução

ABSTRACT: The productive and reproductive performance of sows reflects on productivity in the swine production system. One of the most critical phases in lactation, which the limited capacity for feed intake by sows is not enough to the high energy demand for milk production, causing body reserves mobilization, which can compromise the performance of piglets due to a reduction in milk production. The high mobilization of body reserves can affect reproductive activity and reduce sows longevity. The characterization presented in this study can support nutrition and environmental projects to improve the performance of primiparous sows, longevity and zootechnical indexes of production systems.
KEYWORDS: swine, lactation, primiparous and reproduction

INTRODUÇÃO

A produtividade em um sistema de produção de suínos depende em parte do desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes. Em razão dos avanços do melhoramento genético nas últimas décadas, houve um aumento da prolificidade das matrizes, assim como um aumento de peso destas porcas, consequentemente aumentando suas exigências nutricionais. Além disso, houve uma seleção de indivíduos com reduzida deposição de tecido adiposo, o que resultou em suínos com menor capacidade de ingestão de alimento. Esse fato é mais evidente na fase de lactação, em que a limitada capacidade de consumo de alimento pela matriz, muitas vezes, não é suficiente para atender a elevada demanda de energia para a produção de leite, ocasionando uma maior mobilização de reservas corporais, podendo comprometer o desempenho dos leitões pela redução na produção de leite. A situação é ainda mais séria quando se trata de fêmeas primíparas, que apresentam baixo desempenho durante a primeira lactação, com reflexos negativos no segundo parto, possivelmente devido à uma nutrição inadequada durante a primeira lactação. A elevada mobilização de reservas corporais pode prejudicar a atividade reprodutiva podendo diminuir a longevidade da matriz.

Além dos progressos alcançados pela genética, torna-se importante e necessário as mudanças nas práticas de manejo nutricional das porcas lactantes para compensar a redução do consumo de ração. O aumento da densidade energética da ração por meio da adição de lipídeos é uma das formas propostas para favorecer a ingestão de energia pelas fêmeas. Está prática, além de promover melhora da condição corporal das porcas lactantes, pode também aumentar o teor de gordura e o valor energético do leite, assim como a produção de leite e, consequentemente o ganho de peso da leitegada.

Os trabalhos publicados nos últimos anos sobre a nutrição da matriz suína lactante indicam a necessidade de uma atualização das suas exigências nutricionais. Ao estabelecer um programa nutricional, a preocupação não deve ser somente com a produção de leite e crescimento da leitegada. Deve-se preocupar com o desempenho reprodutivo futuro da matriz, para maximizar a vida útil desta.

Efeitos do consumo de energia sobre parâmetros produtivos de porcas primíparas

Apesar da menor capacidade de consumo obtida em função de alguns programas de melhoramento genético, as matrizes suínas são mais precoces, produzem mais leite e possuem maior peso corporal. Essas características obtidas predispõem as porcas a frequentes estados de catabolismo durante a lactação, resultando na mobilização de tecidos devido à alta demanda de nutrientes, principalmente, para a produção de leite (MULLAN E WILLIAMS, 1990). A situação é mais evidente em matrizes de primeiro parto que, por ainda se encontrarem em fase de crescimento, têm suas exigências nutricionais aumentadas, sendo recomendada alimentação à vontade rica em proteína e de alta digestibilidade durante este período (NOBLET et al.,1990). No entanto, não somente a quantidade de alimento é importante, mas também o consumo de lisina e demais aminoácidos essenciais, a relação dos aminoácidos com a lisina deve estar adequada na dieta de lactação. O resultado de uma dieta inadequada pode ser uma elevada taxa de descarte de matrizes antes do terceiro parto, comprometendo o rendimento econômico do sistema produtivo.

Durante a lactação, as matrizes frequentemente recebem ração à vontade para otimizar a produção de leite e manter a condição corporal (DOURMAD et al., 1994). Entretanto, o consumo de ração pode ser insuficiente, especialmente, em marrãs. Segundo YOUNG et al. (2004), as matrizes de primeiro parto apresentam menor capacidade de consumo alimentar, da ordem de 20% quando comparadas a porcas multíparas. Isso pode ser devido à menor capacidade gastrintestinal das fêmeas jovens para atender às demandas nutricionais da produção de leite e do desenvolvimento corporal (BOYD et al. 2000). Essa menor capacidade de consumo pode aumentar a mobilização corporal e conduzir a uma excessiva perda de peso, reduzindo a longevidade e comprometendo o desempenho reprodutivo da marrã (GUILLEMET et al., 2006). Além disso, o baixo consumo de ração durante a lactação pode comprometer o desenvolvimento dos leitões e reduzir o seu ganho de peso (SESTI & PASSOS, 1996). Uma das formas de compensar o menor consumo é elevar a densidade energética da ração com a adição de óleo e/ou gordura, para desta forma, promover uma adequada ingestão de energia durante a lactação. Além disso, a adição de óleo à ração para fêmeas lactantes é também uma forma de reduzir o incremento calórico em rações de alta energia, visto que este apresenta menor incremento calórico que os carboidratos, o que seria de grande utilidade em países de clima quente como o Brasil (PAIVA et al. 2004).

Faz-se necessário que os animais cheguem no momento do parto em condições ideais de peso, ou seja, não debilitadas e nem com excessos. Segundo WILLIAMS et al. (2005), é recomendado que as porcas primíparas tenham peso corporal próximo de 180 kg ao primeiro parto para que a reserva corporal a desmama seja adequada. A reserva corporal no parto pode determinar a mobilização durante a lactação e a reserva que o animal vai ter na desmama. Fêmeas mais pesadas no parto têm maior mobilização de reservas durante a lactação (QUESNEL et al., 2005a), uma vez que apresentam menor consumo de ração devido a maior resistência a insulina nestes animais (QUESNEL et al., 2005b). REVELL et al. (1998a) observaram que porcas mais pesadas durante a lactação reduzem seu consumo em 30%, o que indica que o consumo voluntário de alimento está negativamente associado com a gordura corporal conforme os resultados obtidos por WILLIAMS & SMITS (1991). Além disso, porcas mais pesadas tem maior exigência de mantença (NOBLET et al., 1990), o que pode não ser atendido quando o consumo de nutrientes é limitado.

Os fatores que podem influenciar a ingestão de alimento durante o período de lactação são de ordem ambiental (temperatura e umidade) genética, tipo de alojamento, ordem de parição, perfil sanitário, peso corporal, tamanho de leitegada e o consumo durante a gestação. Quanto a alimentação, devem-se determinar os níveis de energia e dos nutrientes, o fornecimento de água, a composição dos ingredientes incluídos na ração e o sistema de alimentação adotado (MARTINS & COSTA, 2001). Quando os animais são submetidos a temperaturas elevadas, condição frequente em regiões tropicais, em geral ocorre uma redução no consumo de ração, queda na produção de leite, maior perda de peso corporal, aumento no intervalo desmame-estro e prejuízos no tamanho e peso da leitegada (BLACK et al., 1993).

Estudos (BAIDOO et al., 1992; VAN DEN BRAND et al., 2000; CLOWES et al., 2003) verificaram que dietas com baixa energia ou proteína, assim como um baixo consumo de ração pelas fêmeas, podem resultar em um pior desempenho da leitegada e um pior desempenho reprodutivo subsequente. Os efeitos de níveis inadequados de nutrientes, ou de um baixo consumo de ração, no desempenho reprodutivo é mais pronunciado em fêmeas primíparas quando comparadas à multíparas, e podem estar correlacionados com o peso corporal e espessura de toucinho ao desmame (WEBEL et al., 2000).

Segundo PLUSKE et al. (1998), porcas primíparas com alimentação à vontade de 19.065 kcal/dia durante a lactação perderam 16,3 kg de peso e 3,7 mm de espessura de toucinho. Em contrapartida, porcas primíparas com alimentação restrita de 9.947 kcal/dia perderam 38,9 kg de peso e 8,9 mm de espessura de toucinho. Da mesma forma, em estudos realizados por VAN DEN BRANd et al., (2000), foi observado que porcas primíparas que receberam a dieta menos energética (7.882 kcal/dia) perderam 12,3 kg durante a lactação enquanto as que receberam uma dieta mais energética (10.590 kcal/dia) perderam apenas 7,0 kg. Posteriormente, KAUFFOLD et al. (2008) também verificaram resultados semelhantes, em que as porcas que receberam alimentação à vontade,

reduziram a espessura de toucinho de 19,7 para 15,3 mm enquanto porcas que receberam alimentação restrita apresentaram maior perda da espessura de toucinho, de 20,2 para 12,7 mm. A perda de peso na lactação tem uma influência negativa na taxa de parição e no tamanho da leitegada ao próximo parto (PRUNIER et al., 1993; SCHENKEL et al., 2010).

A suplementação de óleo na dieta de lactação tem sido benéfica principalmente quando as porcas estão em estresse por calor. Por causa da alta densidade de energia e do baixo incremento calórico do óleo associado com a digestão e metabolismo deste, maior consumo de energia pode ser esperado de porcas recebendo estas dietas (TILTON et al., 1999), o que pode resultar em redução de peso corporal da porca (STAHLY et al., 1981) e aumento do ganho de peso da leitegada (AVARETTE et al., 1999).

Em estudos realizados por ROSERO et al. (2012) suplementando níveis de óleo na dieta não foi observado diferenças na variação de peso corporal das porcas primíparas ao desmame. No geral, porcas em todos os tratamentos apresentaram redução no peso corporal durante a lactação, variando de -0,13 a -0,01kg/dia, mas diferenças entre os tratamentos não foram observados. A adição de óleo na dieta diminuiu a perda de gordura subcutânea. Porcas de terceiro parto mobilizaram menos gordura do corpo (–0,25 cm) que porcas de primeiro parto (–0,31 cm). Porcas de terceiro parto obtiveram maior profundidade de músculo na desmama (5,04 cm) que porcas de primeiro parto (4,65 cm). Além disso, durante a lactação, porcas de segundo e terceiro parto tiveram aumento na profundidade de músculo de, respectivamente, 0,10 e 0,42 em comparação com porcas de primeiro parto que tiveram redução na profundidade de músculo (–0.10 cm).

Adicionalmente, CLOWES et al. (1994), avaliando os indicadores do estado energético do organismo, com níveis de hormônios e de substratos metabólicos no sangue, constataram que as porcas de primeiro e segundo partos apresentaram catabolismo mais acentuado na lactação e necessitando de um maior número de dias para recuperar-se do catabolismo em relação às porcas com três ou mais partos.

Efeitos da temperatura na nutrição de porcas em lactação

O ambiente físico onde são criados os suínos envolve um complexo de fatores que afetam diretamente o desempenho destes animais, entre eles, a temperatura, um componente climático de grande influência na produção de calor corporal. Associados à temperatura, outros elementos como o vento, a radiação solar e a umidade relativa compõem o arranjo climático que pode afetar positiva ou negativamente o desenvolvimento animal (BAÊTA & SOUZA, 1997). Segundo HAHN et al. (1987), a faixa de termoneutralidade para matrizes lactantes é de 12 a 20°C. Entretanto, em algumas regiões do Brasil, os valores de temperatura do ar são superiores ao indicado para esta categoria animal.

Quando mantidos em ambiente de estresse por calor, suínos podem diminuir significativamente a ingestão de alimentos para reduzir a produção de calor metabólico

(FERREIRA et al., 1999). Assim, temperatura ambiente pode afetar o comportamento alimentar, por alterar as exigências nutricionais, em porcentagem nas rações, uma vez que a temperatura modifica o padrão de consumo dos animais (LE DIVIDICH, 1991).

É importante lembrar que quando o período de lactação ocorre em ambientes de alta temperatura e umidade, acompanhada de consumo de ração reduzido, ocorre uma maior perda de peso durante a lactação (PRUNIER et al., 1997). Além disso, porcas de linhagens modernas produzem mais leite, o que pode aumentar a mobilização de reserva corporal em situações de consumo limitado de ração, em um esforço para maximizar a produção de leite (WHITTEMORE, 1996).

Em estudos realizados por BLACK et al. (1993), porcas expostas a elevadas temperaturas ambientais sofreram queda de 40% na produção de leite associada a redução de 25% do consumo de ração quando comparadas com porcas mantidas em condições de termoneutralidade. MULLAN et al. (1992) obtiveram resultados semelhantes quando aumentaram a temperatura ambiente de 20 para 30°C e o consumo diminuiu de 4,05 para 3,13 kg/dia e a produção de leite diminuiu de 8,88 para 7,53 kg/dia. FARMER et al. (2007) constataram que fêmeas mantidas por toda a lactação a 29°C ingeriram menos ração que fêmeas alojadas a 21°C (3,8 vs 4,6 kg/dia) e ingeriram mais água (35,5 vs 16,4 L/dia).

Quando em altas temperaturas, a fêmea lactante inicialmente mobiliza reservas e a produção de leite não é afetada. Entretanto, quando o nível máximo de mobilização é atingido, a fêmea não tem outra opção se não reduzir a produção de leite, prejudicando, assim, o desenvolvimento da leitegada (MAKKINK & SCHRAMA, 1998). É sugerido que ocorre uma redistribuição do fluxo sanguíneo para a pele, diminuindo o fluxo para outros tecidos, tais como a glândula mamária. Além disso, a redução da produção de leite em porcas em estresse térmico parece ter envolvimento endócrino. De BRAGANÇA & PRUNIER (1999) verificaram maiores concentrações plasmáticas de cortisol em porcas em lactação mantidas em ambiente a 30ºC quando comparadas com animais mantidos a 20ºC, o que poderia resultar em menor disponibilidade de energia para a glândula mamária, uma vez que o cortisol favorece a mobilização das reservas corporais.

Efeito adverso da alta temperatura na reprodução foram observados por TUMMARUK et al. (2004) e SURIYASOMBOON et al. (2006). O estresse por calor altera o desenvolvimento folicular no ovário, inibe o desenvolvimento embrionário, interferindo também na expressão do estro no animal (HANSEN et al., 2001).

Efeitos do consumo de energia na produção e composição do leite

A lactação é particularmente um importante estágio do ciclo reprodutivo da fêmea suína, sendo que seu principal objetivo é atender as necessidades dos leitões lactentes, minimizando a mortalidade pré-desmama e otimizando a produção de leite.

A produção de leite depende de diversos fatores, incluindo o estágio da lactação (KING et al., 1993), o número de leitões por porca (KING et al., 1989), o peso do leitão e a intensidade da mamada (AULDIST & KING, 1995), da temperatura e da estação (MULLAN et al., 1992), da proteína da dieta (lisina) e do consumo de energia (NOBLET & ETIENNE, 1986).

Porcas lactantes possuem elevado gasto energético, sendo 66 a 80% do requerimento total de energia destinado à produção de leite (MULLAN et al., 1989). Restrições alimentares severas durante a lactação reduzem a produção de leite e o crescimento da leitegada (PETTIGREW, 1995). A redução na produção de leite de porcas com alimentação restrita pode ser atribuída pela falta de nutrientes para a síntese do leite (PLUSKE et al., 1998).

Segundo CLOWES et al. (2003), porcas primíparas podem manter a produção de leite mesmo quando ocorre redução do peso corporal. No entanto, se a porca mobilizar de 9 a 12% de suas reservas ocorre uma diminuição no crescimento da leitegada e comprometimento do desempenho reprodutivo. LAURIDSEN & DANIELSEN (2004) verificaram que a inclusão de óleo em um nível de 8% nas dietas de lactação de porcas melhorou o consumo de ração e aumentou o peso da leitegada desde o nascimento até a desmama.

A adição de óleo na dieta pode alterar a composição do leite, aumentando o teor de gordura. ATWOOD & HARMANN (1992) encontraram uma alta correlação positiva entre o peso dos leitões e a quantidade de gordura ingerida a partir de leite. Resultados semelhantes foram encontrados por VAN DEN BRAND et al. (2000), que forneceram dietas com diferentes níveis de energia para porcas primíparas em lactação e constataram maior teor de gordura no leite de porcas que receberam dieta com maior nível de energia (10.590 kcal/dia) e um menor teor no leite das porcas que receberam uma dieta menos energética (7.882 kcal/dia). A produção de leite calculada foi maior em porcas que receberam dieta mais energética (9,8 kg/dia) e foi observada uma menor produção de leite (8,3 kg/dia) nas porcas que receberam o tratamento menos energético. Resultados similares foram obtidos por VERSTEGEN et al. (1985) e TOKACH et al. (1992). Estes resultados diferem dos relatos de BABINSKY (1998), que concluiu que a adição de óleo à ração de lactação praticamente não tem efeito sobre a produção de leite da porca. Revisões de literatura, mostram que existe uma relação linear entre nível de alimentação (proteína e energia) e produção de leite (PETTIGREW, 1995; NOBLET et al., 1998).

Maximizar o consumo alimentar na lactação parece ser ainda o principal meio para minimizar o efeito do catabolismo. Entretanto, com a prolificidade alcançada nos genótipos

modernos, as exigências para produção de leite tornam-se tão elevadas, que as fêmeas, principalmente as primíparas, não conseguem supri-las e a mobilização de suas reservas corporais torna-se inevitável. O catabolismo permite que a produção de leite possa continuar com certa independência do fornecimento de nutrientes (QUESNEL & PRUNIER, 1995).

Efeitos do consumo de energia nos parâmetros reprodutivos

Um menor consumo de ração durante a lactação pode aumentar os dias de retorno ao estro, diminuir a taxa de concepção e aumentar a mortalidade embrionária (QUINIOU et al,. 2000; RENAUDEAU et al., 2003). Estes efeitos podem ser mais acentuados em porcas primíparas, considerando que estes animais têm uma menor capacidade de consumo (YOUNG et al., 2004).

A restrição alimentar pode resultar em menor taxa de ovulação (VAN DEN BRAND et al., 2000) e o catabolismo na fase de lactação pode ter efeitos negativos sobre o desenvolvimento e qualidade folicular, sobre a maturação do oócito e na sobrevivência embrionária (YANG et al., 2000a). O baixo consumo de energia durante a lactação também reduz os picos de LH e podem influenciar no intervalo desmama-estro. Em estudos realizados por SCHENKEL et al. (2010), a perda de reserva corporal não influenciou o intervalo desmama-estro, mostrando que este intervalo parece ser menos sensível a redução da reserva corporal em porcas de linhagens mais modernas. Quando a perda de peso corporal é mais severa, pode haver uma alteração na função ovariana (CLOWES et al., 2003), e no retorno à atividade reprodutiva após a desmama (QUESNEL et al., 2005a). Esta redução de peso pode influenciar também no peso do embrião da gestação subsequente. PATTERSON et al. (2011) observaram que a perda de 9% da massa corporal no final do período de lactação leva a uma redução do peso do embrião.

A restrição alimentar em porcas lactantes ou porcas em balanço energético negativo promove baixa concentração de glicose, insulina e fator de crescimento (IGF-1) no plasma (ZAC et al., 1997). A insulina e o IGF-1 podem atuar no hipotálamo e desse modo, podem afetar a liberação de LH (VAN DEN BRAND et al., 2001). Baixas concentrações de insulina e IGF-1 podem reduzir o desenvolvimento folicular afetando diretamente os ovários (QUESNEL 2009).

KAUFFOLD et al. (2008) observaram ao final da lactação, maiores níveis de FSH e maiores pulsos de LH nas porcas que receberam alimentação à vontade, quando comparadas com porcas que tiveram alimentação restrita. Estes resultados estão consistentes com diversos estudos relacionados à restrição alimentar e a diminuição de secreção de LH e FSH em porcas primíparas (PRUNIER et al., 1998; VAN DEN BRAND et al., 2000).

A energia da dieta é muito importante para o desempenho reprodutivo de porcas. Segundo ROSERO et al. (2012), porcas alimentadas com dietas com adição de óleo

tem melhor desempenho reprodutivo subsequente, observando que 25% das porcas dos estudos foram inseminadas até 8 dias após a desmama quando o óleo foi adicionado a dieta. A concepção e a taxa de parto também são melhoradas pela adição de óleo.

A perda de peso da porca durante a lactação pode afetar o tamanho da leitegada da gestação subsequente. Em estudos realizados com porcas primíparas, SCHELKEL et al. (2010) observaram que as porcas que perderam acima de 10% de seu peso corporal na lactação, tiveram tamanho da leitegada reduzida ao segundo parto. A condição corporal ao parto e à desmama são importantes para obter maior tamanho de leitegada no parto subsequente, enfatizando que o desempenho de porcas primíparas é afetado pela mobilização de reservas, sendo também determinada pela reserva corporal ao início da lactação (MULLAN & WILLIAMS, 1989).

Diante do relatado, fica claro que os focos de atenção na nutrição de matrizes suínas devem ser o consumo de alimento, especialmente o de energia, e a conservação do estado metabólico durante a lactação, no qual as fêmeas estão numa fase de elevada demanda energética, a fim de assegurar adequado desempenho reprodutivo subsequente.

Efeitos do consumo de energia sobre o desempenho da leitegada

Na última década, houve um aumento no tamanho da leitegada de porcas. O número de leitões é um fator determinante para a produção de leite (ETIENNE et al., 2000) e também para a exigência de energia e nutrientes da porca. O consumo voluntário de ração geralmente aumenta com o tamanho da leitegada, mas muitas vezes continua a ser insuficiente para satisfazer as exigências de nutrientes durante a primeira lactação (DOURMAD, 1988). Porcas primíparas que desmamam leitegadas maiores geralmente tem uma maior perda de peso corporal durante a lactação (KIM & EASTER, 2001). O baixo consumo de ração durante a lactação pode comprometer o desenvolvimento dos leitões, reduzindo o ganho de peso destes. PLUSKE et al. (1998) observaram que a leitegada de porcas que receberam alimentação *ad libitum* foram 9% mais pesados que a leitegada de porcas onde foi fornecido alimentação restrita.

VAN DER BRAND et al. (2000) verificaram que porcas primíparas em lactação alimentadas com dieta rica em energia obtiveram leitões mais pesados (5,9 kg) quando comparados com os leitões de porcas alimentadas com dieta menos energética (5,3 kg), aos 20 dias de idade, podendo ser explicado pela maior produção de leite em porcas alimentadas com maior nível energético. Estes resultados são similares aos encontrados por CAMPBELL & DUNKIN (1983). Enquanto ROSERO et al. (2012) verificaram que a suplementação de óleo na dieta não melhorou o peso de desmama de leitegadas de porcas de primeiro e segundo parto. No entanto, foi observado um aumento do peso ao desmame de leitegadas de porcas de terceiro parto. Estes relatos confirmam que a ordem de parto da porca interfere na produção de leite.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo de energia das matrizes suínas primíparas em lactação é essencial reduzir mobilização de reservas corporais, garantindo um melhor desempenho da leitegada e até mesmo longevidade das fêmeas, diminuindo a taxa de reposição nos sistemas de produção. A temperatura ambiente também é outro fator relevante, visto que pode afetar o comportamento alimentar das matrizes, alterar as exigências nutricionais resultando em redução do desempenho destas. De modo geral, o propósito deste estudo foi direcionado à nutrição de matrizes suínas primíparas na fase de lactação e seus efeitos no desempenho produtivo e reprodutivo. Estas informações são relevantes para atender as necessidades dos sistemas de produção, visando melhorar a nutrição e ambiência de matrizes afim de reduzir a mobilização de reservas corporais durante a lactação, melhorando sua longevidade.

REFERÊNCIAS

AHERNE, F.X.; WILLIAMS, H.I. Nutrition for optimizing breeding herd performance. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**. v.8, p.589-608, 1992.

AULDIST, D E.; KING, R.H. Piglets' role in determining milk production in the sow. In: P. D. Cranwell and D. P. Hennessy (Ed.) Manipulating Pig Production p.114-118. **Australasian Pig Science Association**, Werribee, VIC, Australia, 1995.

ATWOOD, C.S.; HARTMANN, P.E. Collection of fore- and hind-milk from the sow and the changes in milk composition during suckling. **The Journal of Dairy Research**. v.59, p.287-298, 1992.

BABINSKY, L. Dietary fat and milk production. In: VERSTEGEN, M.W.A.; MOUGHAM, P.J.; SCHRAMA, J.W. (Eds.). **The lactating sow**. The Netherlands, p. 143-158, 1998.

AVERETTE, L.A.; ODLE, J.;MONACO, M.H.; DONOVAN, S. M. Dietary fat during pregnancy and lactation increases milk fat and insulin-like growth factor 1 concentrations and improves neonatal growth rates in swine**. Journal of Nutrition**. v.129, p.2123–2129, 1999.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal.** Viçosa, MG: UFV, 246p, 1997.

BAIDOO, S.K.; AHERNE, F.X.; KIRWOOD, R.N.; FOXCROFT,G.R. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. **Journal of Animal Science.** v.72, p.911-917, 1992.

BLACK , J.L.; MULLAN, B.P.; LORSCHY, M.L.; GILES, L.R. Lactation in the sow during heat stress. **Livestock Production Science.** v.35, p.153-170, 1993.

BOYD, R.D.; TOUCHETTE,K.J.; CASTRO,G.C; JOHNSON, M.E.; LEE, K. U.; HAN, K. Recent advances in the nutrition of the prolific sow. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM – RECENT ADVANCES IN ANIMAL NUTRITION, 2000, Korea. **Proceedings.** Seoul: Asian-Australian Association of Animal Production Societies, p.261-277, 2000.

CAMPBELL, R.G.; DUNKIN A.C. The effects of energy intake and dietary protein on nitrogen retention, growth performance, body composition, and some aspects of energy metabolism of baby pigs. Br. **Journal of Nutrition**. v.49, p.221–230, 1983.

CLOWES, E.J.; AHERNE, F.X.; FOXCROFT, G.R. Effect of delayed breeding on the endocrinology and fecundity of sows. **Journal of Animal Science**, v.72, p.283-291, 1994.

CLOWES, E.J.; AHERNE, F.X.; FOXCROFT, G.R.; BARACOS, V. E. Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. **Journal of Animal Science**. v.81, p.753-764, 2003.

CLOWES, E. Sow body condition: lifetime sow performance risk factors. Proceedings of Allen D. Leman Swine Pre-Conference Reproduction Workshop. College of Veterinary Medicine, University of Minnesota, Saint Paul, Minnesota, p.8-25, 2006.

DE BRAGANÇA, M. e PRUNIER, A. Effects of low feed intake and hot environment on plasma profiles of glucose, nonesterified fatty acids, insulin, glucagon, and IGF-I in lactating sows. **Domestic Animal Endocrinology**, v.16, n.2, p.89-101, 1999.

DOURMAD, J.Y. Ingestion spontanée d'aliment chez la truie en lactation : De nombreux facteurs de variation. INRA **Productions Animales**, Paris, v.1, n 2, p.141-146,mai,1988.

DOURMAD, J. Y.; ETIENNE, M.; PRUNIER, A.; NOBLET, J. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: A review. **Livestock Production Science,** v.40, p.87–97, 1994.

ÉTIENNE, M.; LEGAULT, C.; DOURMAD, J.Y.; NOBLET, J. Production laitière de la truie : Estimation, composition, facteurs de variation et évolution. **Journées Recherche Porcine en France**, Paris, v.32, p.253-264, févr. 2000.

FARMER, C.; KNIGHT, C.; FLINT, D. Mammary gland involution and endocrine status in sows: Effects of weaning age and lactation heat stress. **Canadian Journal of Animal Science**, v.87, p.35-43, 2007.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; FIALHO, E.T.; HANNAS, M.I.; NETO, A.R.O.; FERREIRA, A.S. Níveis de energia digestível para leitoas dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de frio (15 °C). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.758-765, 1999.

GUILLEMET, R.; DOURMAD, J.Y.; MEUNIER-SALAUN, M.C. Feeding behavior in primiparous lactating sows: Impact of a high-fiber diet during pregnancy. **Journal Animal Science**, v.84, p.2474-2481, 2006.

HAHN, G.L.; NIENABER, J.A.; DESHAZER, J.A. Air temperature influences on swine performance and behavior. **Applied Engineering in Agriculture American Society of Agricultural Engineering**, v.3, p.295-302, 1987.

HANSEN, P J.; DROST, M.; RIVERA, R.M.; PAULA-LOPES, F.F.; AL-KATANANI, Y.M.; KRININGER, C.E.; CHASE, C.C. Adverse impact of heat stress on embryo production: Causes and strategies for mitigation. **Theriogenology**, v.55, p.91–103, 2001.

KAUFFOLD, J.; GOTTSCHALK, J.; SCHNEIDER, F.; BEYNON, N.; WÄHNER, M. Effects of feeding level during lactation on FSH and LH secretion patterns, and follicular development in primiparous sows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, p. 234-238, 2008.

KIM, S.W.; BAKER, D.H.; EASTER, R.A. Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: The impact of amino acid mobilization. **Journal of Animal Science.** v.79, p.2356–2366, 2001.

KING, R.H.; TONER, M.S.; DOVE, H. Pattern of milk production in sows. In: J. L. Barnett and D. P. Hennessy (Ed.) Manipulating Pig Production V. p 98. Australasian Pig Science Association, Werribee, VIC, Australia, 1989.

KING, R.H.; TONER, M.S.; DOVE, H.; ATWOOD, C. S.; BROWN, W. G. The response of first-litter sows to dietary protein level during lactation. **Journal of Animal Science**. v.71, p.2457-2463, 1993.

LAURIDSEN, C.; DANIELSEN, V. Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. **Livestock Production Science,** v.91, p.95–105, 2004.

LE DIVIDICH, J.L. Effect of environmental temperature on the performance of intensively reared growing pigs. **Selezione Veterinária**, v.32 (Supplement 1), p.191-207, 1991.

MAKKINK C.A.; SCHRAMA J.W. Thermal requirements of the lactating sow. In: Verstegen M.W.A., Moughan P.J. & Schrama J.W. (Eds). **The lactating sow**. 1.ed. Wageningen: Wageningen Pers, p.271-283, 1998.

MARTINS, T.D.D.; COSTA, A.N. Aspectos fisiológicos e nutricionais relacionados com a lactação em matrizes suínas. **Revista CFMV.** Brasília/DF. Ano.VII, n.24 (Set/Out/Nov.Dez), p.59-72, 2001.

MULLAN, B.P.; WILLIAMS, I.H. The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first-litter sows. **Animal Production**. v.48, p.449-457, 1989.

MULLAN, B.P.; WILLIANS, I.H. The chemical composition of sows during their first lactation. **Animal Production**, v.51, p.375-387, 1990.

MULLAN, B.P.; BROWN, W.; KERR, M. The response of the lactating sow to ambient temperature. In: Proceedings of Nutrition Society of Australia. v.17. (Werribee, Australia).p.215, 1992.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Effects of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. **Journal of Animal Science**., v.63, p.1888-1896, 1985, 1986.

NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y.; ETIENNE, M. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. **Journal of Animal Science.** V. 68, p. 562-572, 1990.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Energetic efficiency of milk production. In: VERSTEGEN, M.W.A.; MOUGHAN,P,J. & SCHRAMA, J.W. The Lactating Sow. Wagening Pers, Netherlands, **Proceedings.** p.113-130, 1998.

PAIVA, F.P.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ABREU, M.L.T.; COSTA, E.P.; APOLÔNIO, L.R. Energia digestível em rações para porcas primíparas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**., v.58, n.2, p.234-241, 2006.

PATTERSON, J.L; SMIT, M,N; NOVAK, S; WELLEN, A.P; FOXCROFT, G.R. Restricted feed intake in lactating primiparous sows. I. Effects on sow metabolic state and subsequent reproductive performance. **Reproduction, Fertility and Development**, v.23, p.889–898, 2011.

PETTIGREW, J.E. The influence of substrate supply on milk production in the sow. In: **Manipulation pig production**. Ed:. Hennessy, D. P.; Cranwell, P. D. Australasina Pig Science Association Publication, Melbourne, Australia, p. 101-106, 1995.

PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; ZAK, L.J.; CLOWES, E.J.; CEGIELSKI, A.C.; AHERNE, F.X. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: III. Milk production and pig growth. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1165-1171, 1998.

PRUNIER, A.; DOURMAD, J.Y.; ETIENNE, M. Feeding level, metabolic parameters and reproductive performance of primiparous sows. **Livestock Production Science,** v.37, p.185-196, 1993.

PRUNIER, A.; MESSIAS DE BRAGANÇA, M.; LE DIVIDICH, J. Influcence of feed restriction during lactation on gonadotropic hormones and ovarian development in primiparous sows. **Journal of Animal Science,** v.76, p.856-863, 1998.

QUESNEL, H.; MEJIA- GUADARRAMA, C. A.; PASQUIER, A.; DOURMAD, J.Y.; PRUNIER, A. Dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weights at farrowing: II. Consequences on reproductive performance and interactions with metabolic status. **Reproduction, Nutrition, Development**, v.45, p.57-68, 2005a.

QUESNEL, H.; MEJIA-GUADARRAMA, C. A.; DOURMAD, J.Y.; FARMER, C.; PRUNIER, A. Dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weights at farrowing: I. Consequences on sow metabolic status and litter growth. **Reproduction, Nutrition, Development,** v.45, p.39-56, 2005b.

QUESNEL H., MEUNIER-SALAUN M.C.; HAMARD A.; GUILLEMET R., ETIENNE M.; FARMER C.;DOURMAD J.Y.; PÈRE M.C. Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. **Journal of Animal Science**, v.87, p.532-543, 2009.

QUINIOU, N.; GAUDRÉ, D.; RAPP, S.; GUILLOU, D. Influence de La température ambiante et de La concentration em nutriments de l'aliment sur lês performances de lactation de La truie primipare. **Journée dês Recherches Porcines em France**, v.32, p.275-282, 2000.

RENAUDEAU, D.; NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. Effect of ambient temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.217-231, 2003.

REVELL, D.K.; WILLIAMS, I.H.; RANFORD, J.L.; MULLAN, B.P.; SMITS, R.J. A high-protein diet maximizes milk output and minimizes weight loss in lactation. In: P. D. Cranwell and D. P. Hennessy (Ed.) Manipulating Pig Production V. p 136. Australasian Pig Science Association, Werribee, VIC, Australia, 1995.

REVELL, D.K.; WILLIAMS, I.H.; MULLAN, B.P.; RANFORD, J.L.; SMITS, R J. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affects perfomance of first-litter sows. II. Milk composition, milk yield and piglet growth. **Journal of Animal Science**. v.76, p.1738–1744, 1998a.

REVELL, D.K.; WILLIAMS, I.H.; MULLAN, B.P.; RANFORD, J.L.; SMITS, R.J. Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: I. Voluntary feed intake, weight loss, and plasma metabolites. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1729-1737, 1998b.

ROSERO, D.S.; HEUGTEN, E.V.; ODLE, J; CABRERA, R.; ARELLANO, C.; BOYD, R.D. Sow and litter response to supplemental dietary fat in lactation diets during high ambient temperatures. **Journal of Animal Science**, v.90, p.550-559, 2012.

SESTI, L.; PASSOS, H. Aspectos básicos e práticos da interação entre nutrição e reprodução da fêmea suína moderna. In: CICLO DE TECNOLOGIA PROFISSIONAL. AGROCERES – PIC, São Pedro, SP, 1996.

SCHENKEL, A.C.; BERNARDI, M L.; BORTOLOZZO, F.P.; WENTZ, I. Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. **Livestock Science**, v.132, p. 165-172. 2010.

STALEY, T.S.; THOMPSON, C.M.; CROMWELL, G.L. Effect of sow milk composition on the rate, efficiency and composition of gain in neonatal pigs. **Journal of Animal Science.** v.53, p.264, 1981.

SURIYASOMBOON, A.; LUNDEHEIM, N.; KUNAVONGKRIT, A.; EINARSSON, S. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. **Theriogenology** v.65, p.606–628, 2006.

TILTON, S.L.; MILLER, P.S.; LEWIS, A.L.; REESE, D.E.; ERMER, P.M. Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. **Journal of Animal Science.** v.77, p.2491-2500, 1999.

TOKACH, M.D.; PETTIGREW, J.E.; DIAL, G.D.; WHEATON, J.E.; CROOKER, B.A.; JOHNSTON, L.J. Characterization of luteinizing hormone secretion in the primiparous, lactating sow: relationship to blood metabolites and return-to-estrus interval. **Journal of Animal Science.**, v.70, p.2195-2201, 1992.

TUMMARUK, P.; TANTASUPARUK, W.; TECHAKUMPHUK, M.; KUNAVONGKRIT, A. Effect of season and outdoor climate on litter size at birth in purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand. **Theriogenology**. v.66, p.477–482, 2004.

VAN DEN BRAND, H.; HEETKAMP, M.J.; SOEDE, N.M.; SCHRAMA, J.W.; KEMP, B. Energy balance of lactating primiparous sows as affected by feeding level and dietary energy source. **Journal of Animal Science,** v. 78, p. 1520-1528, 2000.

VAN DEN BRAND, H.; LANGENDIJK, P.; SOEDE, N. M.; KEMP. B. Effects of postweaning dietary energy source on reproductive traits in primiparous sows. **Journal of Animal Science**., v. 79, p. 420-426, 2001.

VERSTEGEN, M.W.A.; MESU, J.; VAN KEMPEN, G.J.M; GEERSE, C. Energy balances of lactating sows in relation to feeding level and stage of lactation. **Journal of Animal Science**. v.60, p.731-740, 1985.

YANG, H.; FOXCROFT, G.R.; PETTIGREW, J.E.; JOHNSON, L.J.; SHURSON, G.C.; COSTA, A.N.; ZAC, L.J. Impact of dietary lysine intake during lactation on follicular development and oocyte maturation after weaning in primiparous sows. **Journal of Animal Science,** v.78, p.993-1000, 2000a.

YANG, H.; PETTIGREW, J.E.; JOHNSON, L.J.; SHURSON, G.C.; WALKER, R.D. Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration. **Journal of Animal Science,** v.78, p.348-357, 2000b.

YOUNG, M.G.; TOKACH, M.D.; AHERNE, F.X.; MAIN, R.G.; DRITZ, S.S. GOODBAND, R.D.; NELSSEN, J.L. Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance. **Journal of Animal Science.** v.82, p.3058-3070, 2004.

WILLIAMS, I.H.; SMITS, R.J. Body protein losses can be minimized during lactation. In: E. S. Batterham (Ed.) Manipulating Pig Production III. p 73. Australasian Pig Science Association, Werribee, Australia, 1991.

WILLIAMS, N.H.; PATTERSON, J.; FOXCROFT, G. Non-negotiables in gilt development. **Advances in Pork Production.** v. 16, p.281-289, 2005.

WHITTEMORE, C.T; YANG, H. Physical and chemical composition of the body of breeding sows with differing body subcutaneous fat depth at parturition differing nutrition during lactation and differing litter size. **Animal Production.** v.48, p.203-212, 1989.

WHITTEMORE, C.T. Nutrition reproduction interaction in primiparous sows. **Livestock Production Science**, v.46, p.65-83, 1996.

ZAK, L.J.; WILLIAMS, I.H.; FOXCROFT, G.R.; PLUSKE, J.R.; CEGIELSKI, A.C.; CLOWES, E J.; AHERNE, F.X. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: I. Associated endocrine changes and postweaning reproductive performance. **Journal of Animal Science**. v.76, p.1145–1153, 1997.

ORIGENS, CONCEITOS E APLICAÇÕES DA ERGONOMIA NA PRODUÇÃO LEITEIRA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Acceptance date: 02/09/2024

Leonardo França da Silva
Universidade Federal da Grande Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-9710-8100

Érika Manuela Gonçalves Lopes
Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros - MG
https://orcid.org/0000-0002-7518-8955

Sarah Fernanda de Almeida Martins
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - Minas Gerais
https://orcid.org/0009-0008-6865-5827

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
Universidade Federal da Grande Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-9183-6326

Fernanda Araujo Lima
Doutora em Bioquímica Aplicada
Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa
https://orcid.org/0000-0003-0223-8349
http://lattes.cnpq.br/8976026918721325

Cássio Furtado Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA
https://orcid.org/0000-0001-5461-1809
http://lattes.cnpq.br/4218769196783818

Matheus Mendes Reis
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)
Januária - Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0000-0003-2100-2438

Rafaella Resende Andrade
Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
https://orcid.org/0000-0003-3182-0741

Fabiane de Fátima Maciel
Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-7117-6965

Laura Thebit de Almeida
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Januária - Minas Gerais
https://orcid.org/0000-0002-4501-134X

Irene Menegali
https://orcid.org/0000-0001-5323-4693
Universidade Federal de Minas Gerais

Ariadna Faria Vieira
Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-1185-4269

Silvana Ferreira Bicalho
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista - Bahia (Brasil)
https://orcid.org/0000-0002-5502-6430

RESUMO: O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de leite globalmente. Visando manter altos níveis de produção, os produtores têm adotado sistemas tecnológicos avançados, como o confinamento do rebanho, visando melhor eficiência produtiva e condições de conforto animal. No entanto, o ritmo acelerado de trabalho pode resultar em problemas de saúde para os trabalhadores, como esforço repetitivo e posturas inadequadas. Assim, a implementação de práticas ergonômicas torna-se crucial para prevenir tais problemas e promover um ambiente de trabalho seguro e saudável. Este trabalho de revisão literária busca explorar a origem, conceitos e aplicação da ergonomia nos sistemas de produção de leite, com ênfase nos fatores ergonômicos e na adaptação do trabalho nesse contexto específico. Será abordada a evolução histórica da ergonomia, destacando suas contribuições para a eficiência e segurança das atividades relacionadas à produção leiteira, bem como os principais conceitos e princípios ergonômicos relevantes para otimização dos sistemas de trabalho neste setor. O objetivo é promover condições de trabalho mais saudáveis, produtivas e sustentáveis para os trabalhadores envolvidos na produção de leite.
PALAVRAS-CHAVE: Análise ergonômica do trabalho; sistemas de produção de leite; normas regulamentadoras do ministério do trabalho e emprego.

ORIGINS, CONCEPTS AND APPLICATIONS OF ERGONOMICS IN DAIRY PRODUCTION: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Brazil stands out as one of the largest milk producers globally. To maintain high production levels, producers have adopted advanced technological systems, such as herd confinement, aiming for better production efficiency and animal comfort conditions. However, the fast pace of work can result in health problems for workers, such as repetitive strain and inadequate postures. Therefore, implementing ergonomic practices becomes crucial to prevent such problems and promote a safe and healthy work environment. This literary review seeks to explore the origin, concepts and application of ergonomics in milk production systems, with an emphasis on ergonomic factors and the adaptation of work in this specific context. The historical evolution of ergonomics will be addressed, highlighting its contributions to the efficiency and safety of activities related to dairy production, as well as the main ergonomic concepts and principles relevant to optimizing work systems in this sector. The objective is to promote healthier, more productive and sustainable working conditions for workers involved in milk production.
KEYWORDS: Ergonomic analysis of work; milk production systems; regulatory standards of the ministry of labor and employment.

INTRODUÇÃO

A produtividade do setor agropecuário brasileiro tem se destacado globalmente, impulsionada por avanços tecnológicos. Entre os complexos que compõem esse setor, merece destaque o setor industrial de laticínios, devido à sua importância na dieta humana (Sabbag; Costa, 2015; Andrade et al., 2022). Com cerca de 1,8 milhão de propriedades produtoras distribuídas por todo o território, o Brasil registra um crescimento anual de produção acima da média mundial, posicionando-se como o quinto maior produtor mundial (IBGE,2023).

Por outro lado, a produção de leite exige consideráveis investimentos e dedicação por parte dos produtores, uma vez que eles enfrentam diariamente diversos desafios relacionados ao ambiente térmico, à infraestrutura disponível, ao manejo e outros fatores que impactam diretamente no desempenho do rebanho (Oliveira et al., 2022).

O confinamento dos animais em instalações surgiu como uma estratégia para aumentar a produtividade, especialmente devido ao controle mais rigoroso das condições ambientais. Atualmente, os sistemas intensivos de produção de leite estão sendo cada vez mais adotados, visando mitigar os efeitos do estresse causado pelas condições ambientais e, assim, permitir que os animais alcancem seu máximo potencial produtivo (Andrade et al., 2021).

Apesar da implementação de sistemas tecnológicos avançados nos processos produtivos, o ritmo acelerado dos trabalhadores envolvidos pode resultar em problemas de saúde devido ao esforço repetitivo e ao posicionamento inadequado durante a execução das atividades. Nesse sentido, a adoção de práticas ergonômicas se mostra crucial para prevenir tais problemas e promover um ambiente de trabalho mais seguro e saudável (Schettino et al., 2021; Soranso et al., 2023).

A bovinocultura de leite desempenha um papel crucial na economia brasileira devido à sua cadeia produtiva dinâmica e bem-organizada. No entanto, há diversos aspectos na cadeia produtiva que podem ser aprimorados para aumentar a produtividade e garantir condições de trabalho seguras para os funcionários envolvidos.

É sabido que a organização do trabalho e a implementação de programas de ergonomia, em conformidade com as normas de segurança do Ministério do Trabalho e Emprego, podem minimizar os problemas relacionados a acidentes e doenças ocupacionais (Ulbricht et al., 2014). Nesse contexto, a ergonomia tem se destacado na pecuária leiteira, oferecendo contribuições significativas para a organização do trabalho, aumento da produção e proteção da saúde dos trabalhadores (Schettino et al.,2021; Soranso et al., 2023)

A ergonomia fornece ferramentas para avaliar os riscos envolvidos nas atividades agrícolas, incluindo os riscos físicos, químicos e de acidentes com máquinas ou ferramentas manuais (Couto, 2014; Weerdmeester, 2004). Apesar do crescimento dos estudos em ergonomia nas últimas décadas, especialmente em ambientes urbanos, há uma lacuna significativa no que diz respeito ao setor rural.

Com a busca por expansão nos mercados externos e a necessidade de conformidade com as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho, os estudos sobre segurança do trabalho têm ganhado destaque, especialmente devido aos riscos associados à atividade leiteira (Ulbricht et al., 2014). Portanto, é essencial caracterizar a situação laboral dos trabalhadores, identificando os fatores de risco ergonômico e propondo mecanismos para minimizá-los e melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores.

Desta forma, o presente trabalho de revisão de literatura tem como objetivo explorar a origem e os conceitos fundamentais da ergonomia, bem como sua aplicação nos sistemas de produção de leite, destacando os fatores ergonômicos e a adaptação do trabalho nesse contexto específico. Será abordada a evolução histórica da ergonomia, desde suas raízes até sua consolidação como disciplina interdisciplinar, com foco especial nas suas contribuições para melhorar a eficiência e segurança das atividades relacionadas à produção leiteira. Além disso, serão discutidos os principais conceitos e princípios ergonômicos relevantes para a otimização dos sistemas de trabalho nesse setor específico, visando promover condições de trabalho mais saudáveis, produtivas e sustentáveis para os trabalhadores envolvidos na produção leiteira.Parte superior do formulário

ERGONOMIA: ORIGEM CONCEITOS E ATRIBUIÇÕES

A disciplina da Ergonomia deriva de suas raízes gregas, sendo composta pelas palavras “Ergos” (trabalho) e “nomos” (normas). Assim, ela se configura como uma ciência dedicada à pesquisa e estabelecimento de diretrizes para aprimorar as condições de trabalho, visando adequá-lo às características individuais dos trabalhadores (Iida, 2005; IEA, 2017).

> *Historicamente, duas correntes filosóficas distintas compõem o cenário da ergonomia. Uma delas, tem sua origem em 1947, na Inglaterra, com características das ciências aplicadas. A outra surgiu na França, em meados dos anos 50, com uma preocupação mais analítica” (ABRAHÃO, 1999)”.*

O surgimento da ergonomia remonta à década de 1940, quando emergiu a necessidade de compreender a complexa interação entre o ser humano e o ambiente de trabalho, fornecendo subsídios para essa relação.

Autores como Iida (2005), Vidal (2011) concordam que essa disciplina ganhou destaque após a Segunda Guerra Mundial, impulsionada pelo esforço conjunto de diversos profissionais. Em seus estágios iniciais, a ergonomia concentrou-se no desenvolvimento de projetos e pesquisas em antropometria.

Segundo Iida (2005), Couto (2014), a origem e a evolução da ergonomia estão intrinsecamente ligadas às transformações socioeconômicas e, especialmente, tecnológicas no contexto laboral. Ao longo da história humana, os princípios fundamentais da ergonomia foram aplicados, como a transferência de tarefas mais pesadas para animais, a criação de dispositivos que facilitam o trabalho, a adaptação de estações de trabalho às proporções do corpo humano e o emprego de adaptações para posicionar o corpo de forma mais adequada em atividades que envolvem movimentos excêntricos.

A ergonomia emergiu como uma ciência inovadora, integrando conhecimentos das engenharias, arquitetura, sociologia, psicologia e medicina do trabalho, entre outras disciplinas. Isso visa humanizar o ambiente laboral, estabelecendo normas, diretrizes

e precauções para dotar o trabalhador de atenção e cuidados adequados. O objetivo principal da ergonomia é garantir que o trabalho promova saúde e produtividade tanto para os indivíduos quanto para as organizações (Iida, 2005; IEA, 2017).

Essa disciplina possibilita uma adequada configuração do trabalho, otimizando sua eficácia e permitindo o desenvolvimento das atividades laborais em condições mais favoráveis, o que contribui para a promoção da saúde e a prevenção de determinados grupos de doenças. A importância da ergonomia se intensifica diante da crescente demanda por produtividade no ambiente de trabalho, uma realidade particularmente evidente nas circunstâncias competitivas do mercado atual (Soranso et al., 2023).

Conforme a Associação Internacional de Ergonomia (IEA, 2017), a Ergonomia investiga as adaptações do trabalho ao ser humano (e vice-versa) e suas inter-relações. Para tal análise, a ergonomia se utiliza de conhecimentos de anatomia, fisiologia, psicologia e das características, habilidades e limitações humanas, focalizando o ambiente de trabalho, objetos, equipamentos e atividades laborais. O objetivo é encontrar soluções para os problemas decorrentes da interação entre trabalho e indivíduo.

> *A* ***ergonomia*** *(ou Human Factors) é a disciplina científica que visa a compreensão fundamental das interações entre os seres humanos e os outros componentes de um sistema, é a profissão que aplica princípios teóricos, dados e métodos com o objetivo de otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global dos sistemas. Os profissionais que praticam a ergonomia, os ergonomistas, contribuem para a planificação, concepção e avaliação das tarefas, empregos, produtos, organizações, meios ambientes e sistemas, tendo em vista torná-los compatíveis com as necessidades, capacidades e limites das pessoas* (IEA, 2017).

Portanto, busca-se por meio da ergonomia promover o bem-estar, segurança, qualidade de vida, satisfação, postura adequada, redução da fadiga, aprendizado rápido e adaptação, alinhados com as capacidades e limitações humanas. A ergonomia representa uma ciência multidisciplinar que integra diversas áreas do conhecimento, conforme ilustrado na Figura - 1.

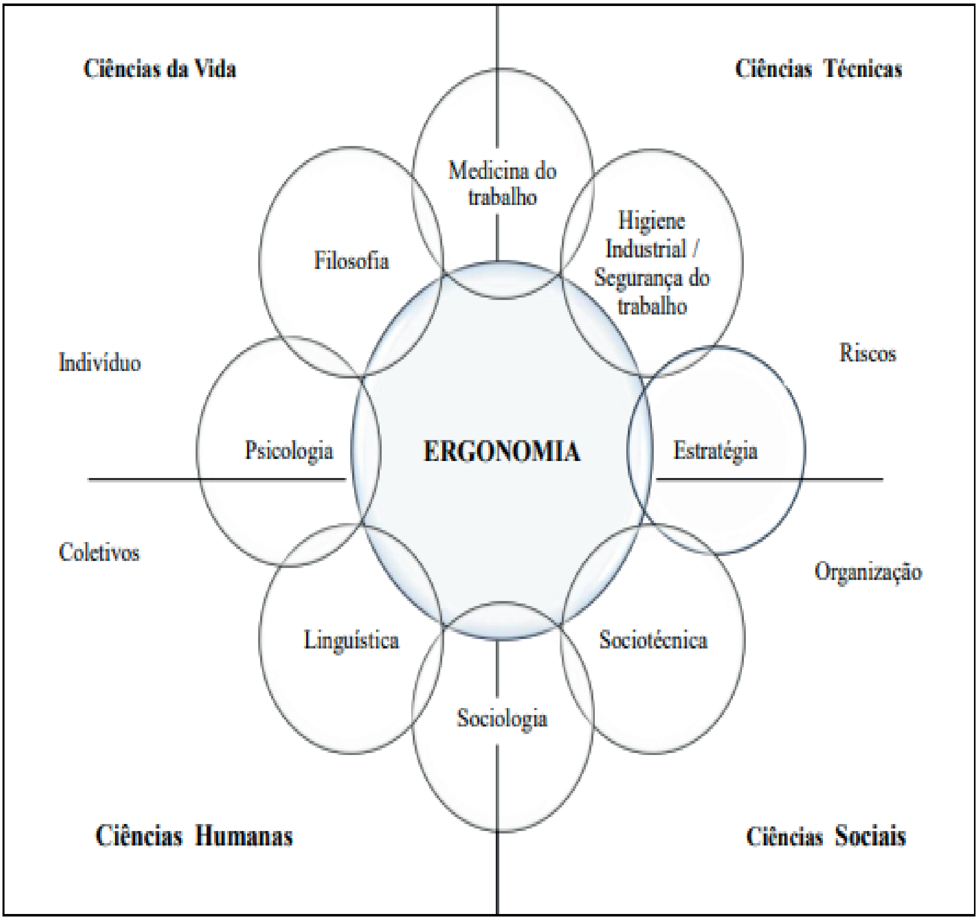


Figura 1. Relação entre as ciências e a ergonomia.

Fonte: Hubault (1992) adaptado por Vidal (2000).

A importância da definição precisa do conceito de ergonomia, incluindo a delimitação de seus contornos e especificidades, é enfatizada por vários estudiosos da área. Até o momento, essa precisão conceitual permanece elusiva, e a ergonomia continua a se basear em conceitos mais amplos, que abordam principalmente os conhecimentos científicos relacionados ao trabalho humano (Grandjean,1998; Iida, 2005).

A ERGONOMIA RELACIONADA FATORES HUMANOS – ADAPTAÇÃO AO TRABALHO

O estudo da adaptação ao trabalho abarca as alterações que ocorrem no início da atividade laboral e durante o treinamento. Essa adaptação é de suma importância tanto para o trabalhador quanto para o ambiente, uma vez que neste estágio os riscos de acidentes são minimizados e o rendimento é otimizado. Diversos fatores influenciam essa adaptação, alguns relacionados às características individuais da pessoa e outros ao processo de treinamento (Iida, 2005; Couto, 2014; Pinheiro; França, 2011).

Portanto, em atividades laborais que demandam esforço físico intenso, como o trabalho rural, é recomendado realizar um aquecimento prévio e uma redução gradual das tarefas durante o treinamento. Isso se deve ao fato de que o corpo humano passa por diversas adaptações fisiológicas no início da atividade, especialmente em tarefas que exigem esforço físico significativo. O desempenho do trabalho é influenciado por características do organismo humano, como fadiga, monotonia e motivação (Pinheiro; França, 2011; Couto, 2014).

Fadiga

A fadiga é uma consequência de trabalhos contínuos, com uma carga acima do padrão, que resultam no enfraquecimento de um órgão ou do organismo como um todo, levando a uma diminuição significativa do rendimento do trabalhador. Nesse contexto, o trabalhador pode sentir-se bloqueado, perturbado e desmotivado para executar suas tarefas. A fadiga é um indicador de que há uma sobrecarga de trabalho em curso (Pinheiro; França, 2011; Couto, 2014).

Fadiga Fisiológica

Com o aumento da carga de trabalho ou prolongamento da jornada laboral, é possível observar comprometimentos tanto na parte física quanto na intelectual do trabalhador. O rendimento tende a oscilar, a força muscular diminui e isso pode resultar em uma execução mais lenta dos movimentos. É importante ressaltar que quando a atividade muscular atinge níveis muito intensos, ocorre uma resposta metabólica que leva ao esgotamento das reservas de energia (Iida, 2005; Couto, 2014).

A fadiga fisiológica pode ser reversível, desde que não ultrapasse um certo limite. A recuperação pode ocorrer por meio de pausas ao longo do dia de trabalho ou por meio do repouso diário. Contudo, em alguns casos, a fadiga pode tornar-se crônica e não ser aliviada apenas com simples pausas ou descanso, pois resulta de um efeito cumulativo. A fadiga crônica apresenta características específicas, como aumento da ansiedade, irritabilidade, falta de iniciativa e desânimo na execução das atividades. A fadiga torna-se crônica quando o repouso e a recuperação não são equilibrados adequadamente (Pinheiro; França, 2011; Couto, 2014).

Fadiga Psicológica

Os sintomas da fadiga não se apresentam de forma isolada, mas sim de maneira ampla e complexa, conforme ressaltado por Pinheiro e França (2011), Couto (2014), eles estão interligados a diversos fatores, tais como monotonia, saúde, relacionamento social e motivação. Essa forma de fadiga, caracterizada por uma gama de sintomas, não pode ser facilmente quantificada, porém, sua presença é claramente observável.

Monotonia

Quando um trabalhador se vê imerso em tarefas ou atividades repetitivas e carentes de estímulos, ele frequentemente experimenta sintomas como fadiga, sonolência, falta de motivação e redução da atenção. Iida (2005), Couto (2014) e Pinheiro e França (2011) destacam uma distinção fundamental entre fadiga e monotonia: a primeira geralmente ocorre a curto prazo, especialmente durante a aprendizagem de uma nova tarefa, caracterizada por ciclos de curta duração, movimentação limitada do corpo, ambientes com iluminação escassa, temperatura elevada e pouca interação social. Já a monotonia se estende ao longo de períodos prolongados, envolvendo tarefas repetitivas com baixo grau de dificuldade e ausência de estímulos para desviar o pensamento. Isso pode ocorrer porque o foco está exclusivamente nas tarefas em si ou porque as atividades são de vigilância, oferecendo poucos estímulos e exigindo um estado constante de atenção (Iida, 2005; Couto, 2014).

Os autores ressaltam que o trabalho noturno, a exaustão, as ocupações com pouca ou nenhuma movimentação, a susceptibilidade individual e até mesmo o nível educacional, conhecimentos e habilidades das pessoas podem contribuir para o surgimento da monotonia.

ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO – AET

Salerno (2000), Pinheiro França (2006), Guérin et al., (2002), e Iida (2005) enfatizam que a avaliação ergonômica do trabalho tem como objetivo humanizar as atividades laborais, prevenir acidentes e doenças ocupacionais, otimizar o aproveitamento dos recursos humanos e promover o conforto, saúde e satisfação dos trabalhadores. No entanto, para aprimorar as condições de trabalho, é imprescindível realizar uma avaliação ergonômica e seguir as diretrizes da Norma Regulamentadora 17 (NR-17).

A análise ergonômica do trabalho (AET) abarca todos os aspectos laborais, conforme estipulado pela NR-17, e deve ser conduzida em todos os setores da empresa, especialmente nos casos em que as condições de trabalho não estejam em conformidade com os padrões estabelecidos pela norma. A AET está integrada à NR-17, incumbindo ao empregador sua realização com o intuito de avaliar a adequação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos colaboradores (Brasil, 1978).

Segundo a NR-17, a análise ergonômica do trabalho deve abarcar as seguintes etapas:

> *"Explicitação da demanda do estudo; Análise das tarefas, atividades e situações de trabalho; Discussão e restituição dos resultados aos trabalhadores envolvidos; Recomendações ergonômicas específicas para os postos avaliados; Avaliação e revisão das intervenções efetuadas com a participação dos trabalhadores, supervisores e gerentes; Avaliação da eficiência das recomendações (BRASIL, 1978)".*

Segundo Iida (2005) e Pires e Rio (2011), a análise ergonômica do trabalho visa aprimorar os sistemas laborais. Portanto, é necessário:

- Elaborar ergonomicamente os meios de produção para proporcionar aos trabalhadores uma postura adequada e confiabilidade na execução dos movimentos;
- Promover o conforto por meio do design adequado de mobiliário, equipamentos, máquinas, ferramentas, ambientes, arranjos físicos, iluminação e ventilação;
- Projetar medidas preventivas para o ambiente físico, químico e biológico, visando mitigar os efeitos adversos de ruídos, vibrações, temperaturas extremas, iluminação inadequada, emissões de poeira, gases e substâncias químicas;
- Oferecer treinamento aos colaboradores para realizarem um trabalho de qualidade, participativo e propenso a sugestões de melhorias, com avaliação de desempenho;
- Proporcionar métodos de trabalho que reduzam esforços localizados e movimentos repetitivos, introduzindo pausas adequadas e organizando os períodos de trabalho para minimizar a fadiga decorrente das atividades laborais.

Além disso, de acordo com Iida (2005) e Salerno (2000), os objetivos da avaliação ergonômica do trabalho são:

Na análise dos processos técnicos e tarefas dos sistemas de trabalho selecionados para um estudo mais aprofundado, é possível identificar determinadas categorias observáveis da atividade que podem ser medidas e registradas. Estas categorias incluem esforço físico, posturas corporais, deslocamentos, coleta e tratamento de informações, tomada de decisões e estratégias individuais e coletivas de trabalho, que se mostram relevantes para alcançar os objetivos específicos do trabalho em questão (Gemma, 2008; Salerno, 2000).

- Além disso, é fundamental considerar os seguintes aspectos:
- Humanizar o trabalho, tornando-o mais compatível com as capacidades e necessidades dos trabalhadores;
- Aumentar a produtividade e a segurança, garantindo que os processos de trabalho sejam eficientes e livres de riscos ocupacionais;
- Satisfazer os trabalhadores e promover seu bem-estar em relação ao sistema produtivo, garantindo um ambiente de trabalho saudável e satisfatório.

FATORES ERGONÔMICOS: RELACIONADOS NORMAS REGULAMENTADORAS DO MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO

Para Rio e Pires (2001) e Iida (2005) e (Couto, 2014), o estudo das condições ambientais, incluindo aspectos químicos, físicos e biológicos, é amplamente abordado pela higiene ocupacional e pela Engenharia da Segurança do Trabalho. Enquanto isso, a ergonomia se concentra nas condições de conforto ambiental, que dizem respeito às características do ambiente de trabalho que podem influenciar o bem-estar das pessoas. Nesse contexto, a ergonomia direciona seu interesse principalmente para aspectos como iluminação, ruído, temperatura (ambiente térmico) e vibração.

De acordo com Iida (2005) e Couto (2014), a ergonomia não se preocupa apenas com aspectos que possam causar lesões diretas, como é o caso da perda auditiva induzida pelo ruído, que é abordada pela higiene ocupacional e pela medicina do trabalho. Em vez disso, a ergonomia concentra-se no conceito de “conforto”, que não é facilmente definido.

ASPECTOS GERAIS ERGONOMIA ASSOCIADA ATIVIDADE LEITEIRA CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL

No contexto global, a questão da saúde e segurança no trabalho representa um desafio significativo tanto para os governos quanto para as organizações, dada a dimensão do custo social associado a doenças ocupacionais e lesões, e o consequente estímulo para a discussão sobre a importância da prevenção de acidentes laborais, considerando suas implicações e alcance. Santana et al., (2006) destacam que, do ponto de vista social, as doenças e lesões ocupacionais contribuem para o aumento da pobreza, seja através da redução de renda, incapacidade para o trabalho ou mesmo perda de vidas.

Neste contexto, as condições de trabalho relacionadas à saúde e segurança dos trabalhadores têm passado por transformações, com as empresas começando a considerar diretamente os fatores que influenciam essas condições (Takeda, 2010; Oliveira et al., 2017). De maneira geral, a indústria alimentícia, com foco particular nas atividades de abate e processamento de carne, bem como a pecuária leiteira, desempenha um papel crucial na economia da agroindústria.

Entender as doenças e lesões que afetam os trabalhadores desses setores, especialmente na pecuária leiteira, é essencial para identificar e mitigar os fatores de risco presentes no ambiente de trabalho. Acidentes e doenças ocupacionais ocorrem quando há agentes prejudiciais à saúde humana no local de trabalho ou durante a execução das tarefas laborais, denominados fatores de risco. Esses fatores são classificados em cinco categorias: físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos ou de acidentes (Schettino et al., 2023).

Portanto, a ergonomia tem se destacado como uma disciplina de extrema utilidade no contexto da pecuária leiteira, devido à sua capacidade de contribuir para a

organização do trabalho, aumento da produtividade e proteção da saúde dos trabalhadores envolvidos (Ulbricht et al., 2014; Oliveira et al., 2013). As atividades desempenhadas pelos trabalhadores nesse ambiente, como manejo do sistema produtivo, manejo do rebanho e ordenha, são alvos de estudos ergonômicos.

No entanto, a aplicação da ergonomia, principalmente em contextos rurais e em pequenas e médias unidades de produção, onde a assistência técnica e supervisão podem ser limitadas, ainda possui espaço para expansão. Oliveira (2018) e Dul e Weerdmeester (2004) salientam que a ergonomia visa melhorar as condições de trabalho e de vida dos trabalhadores, contribuindo para a solução de vários problemas relacionados à saúde, segurança, conforto e eficiência no trabalho.

A importância de elaborar normas de segurança que considerem os efeitos do trabalho sobre o ser humano é enfatizada por Wisner (1987), Iida (2005), Oliveira (2018) e Carvalho (2009), especialmente diante do aumento da complexidade das situações de trabalho e avanço das tecnologias. Nesse sentido, os conhecimentos disseminados pela ergonomia têm sido formalizados por meio de normas internacionais, como as da ISO (*International Standardization Organization*) e do CEN (Comité Européen de Normalisation), além de normas nacionais, como a NR-17 no Brasil e ANSI nos Estados Unidos da América (Ulbricht, 2003; Carvalho, 2009).

Estudos de Ulbricht (2017), Alencar (2005), Carvalho (2009) e Evangelista (2011) corroboram que a ergonomia está ganhando cada vez mais relevância devido às demandas do mercado externo e às regulamentações do Ministério do Trabalho em resposta às questões trabalhistas.

Considerando esses aspectos, o Brasil possui um conjunto de leis e normas regulatórias que visam a adequação das atividades laborais e a mitigação dos riscos associados a cada setor. Estas medidas estão incorporadas na legislação trabalhista, que atualmente inclui 33 Normas Regulamentadoras (NRs), destacando-se a NR-6 para orientação e adequação do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), a NR-15 para atividades insalubres, a NR-17 sobre ergonomia e a NR-31 direcionada à agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura (Carvalho, 2009; Evangelista, 2011; Oliveira, 2018).

De acordo com Iida (2005) e Couto (2014), a ergonomia não se preocupa apenas com aspectos que possam causar lesões diretas, como é o caso da perda auditiva induzida pelo ruído, que é abordada pela higiene ocupacional e pela medicina do trabalho. Em vez disso, a ergonomia concentra-se no conceito de “conforto”, que não é facilmente definido.

Estudos ergonômicos aplicados a bovinocultura leiteira

Netto (2006) e Oliveira (2018), ressaltam a significância da ordenha em unidades produtivas, pois é nessa etapa que a vaca proporciona o retorno esperado na extração de leite. Cuidados rigorosos com a higiene são essenciais, já que isso pode resultar em aumento na produção, melhoria na qualidade do leite, redução nos gastos com medicamentos e prevenção da perda de leite após a extração.

A ordenha é definida como a extração do leite da glândula mamária, podendo ser realizada manualmente pelo ordenhador ou mecanicamente através de ordenhadeiras, ou ainda pelo bezerro durante a amamentação. É uma prática que demanda atenção, pois a forma como é conduzida pode influenciar tanto a quantidade quanto a qualidade do produto (Netto, 2006).

Embora os estudos ergonômicos relacionados à atividade leiteira sejam escassos, com poucos trabalhos disponíveis na literatura, a maioria está concentrada no setor de ordenha. Grande parte das publicações sobre ergonomia está voltada para o ambiente industrial, porém, recentemente, há um aumento nos estudos direcionados à classe trabalhadora do setor agrícola, devido aos potenciais problemas de saúde e segurança associados a essa atividade (Oliveira, 2018; Ulbricht, 2017).

Pesquisas realizadas no Estado de Santa Catarina por Ulbricht (2003) revelaram que a atividade de ordenha apresenta um alto risco de desenvolvimento de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). Entre os ordenhadores entrevistados, cerca de 85,16% relataram sintomas relacionados a esses distúrbios.

Outro estudo realizado em Santa Catarina, conduzido por Tonial (2004), mostrou que a atividade de ordenha apresenta um alto risco de desenvolvimento de DORT em membros superiores quando comparada a outras profissões do setor agrícola. A prevalência de dor e/ou desconforto musculoesquelético foi relatada por 84,74% dos ordenhadores entrevistados.

Ulbricht (2007), em uma pesquisa na região centro-ocidental do Paraná, identificou que 83% dos trabalhadores envolvidos na ordenha relataram dores e desconfortos musculoesqueléticos, corroborando a percepção geral de que os riscos são amplos nessa atividade.

Ulbricht et al. (2014) e Oliveira (2018) destacaram os riscos associados à atividade de ordenha, ressaltando que ela está entre as três principais atividades com alto risco de acidentes de trabalho no setor agrícola, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de DORT, cuja prevalência varia de acordo com o sistema de produção, organização e ambiente de trabalho.

Mesmo a ordenha mecanizada em sistemas modernos, conforme demonstrado por estudos como os de Stål et al., (2003) e Stål et al., (2000) na Suécia, apresenta riscos ergonômicos, como posturas inadequadas e movimentos repetitivos do pulso, resultando em um elevado risco de distúrbios nos pulsos, mãos e ombros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bovinocultura de leite, um setor crucial da agropecuária brasileira, está passando por transformações significativas devido à dinâmica econômica global e à adoção de novas tecnologias, como o confinamento dos rebanhos leiteiros, visando aumentar a produtividade.

No entanto, as demandas por produtividade muitas vezes relegam as questões de segurança no trabalho a um segundo plano no setor leiteiro. Conforme foi evidenciado, a organização do trabalho e a implementação de programas de ergonomia, em conformidade com as normas de segurança do trabalho, são essenciais para minimizar acidentes e doenças ocupacionais na pecuária leiteira.

A ergonomia tem um papel crucial na pesquisa e no aprimoramento das condições de trabalho neste setor. Essa necessidade ressalta a importância de mais pesquisas nessa área, dado o potencial significativo dos sistemas de produção de leite para causar danos à saúde e ao bem-estar dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora n° 15 (NR15)**: atividades e operações insalubres. Brasília, 1978a.

CARVALHO, C.C.S. **Avaliação ergonômica em operações do sistema produtivo de carne de frango**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

COUTO, H.A. **Como implantar ergonomia na empresa**: a prática dos comitês de ergonomia. Belo Horizonte, 2002.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: O manual técnico da máquina humana. 2014.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Anuário Leite 2020**. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario LEITE2019.pdf. Acesso em: 23 novembro 2023.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia:** Adaptando o Trabalho ao Homem. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Pesquisa Trimestral do Leite - 2º trimestre, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?=&t=destaques>. Acesso: out. 2023.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION - IEA. **What is Ergonomics? Definition and Domains of ergonomics.** 2017. Disponível em: < http://www.iea.cc/whats/index.html>. Acesso em: 30 ABRIL. 2024.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C.C.; ULBRICHT, L.; MORO, A.R.P.Avaliação da exposição dos trabalhadores da pecuária leiteira aos riscos ocupacionais. **Revista Uniandrade**, v.18, p.1-15, 2017.

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, V.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FERRAZ, G.A.S.; SOUSA, F.C.; ANDRADE, R.R.; NASCIMENTO, J.A.C.; SILVA, L.F. Air velocity spatial variability in open Compost-Bedded Pack Barn system with positive pressure ventilation. ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, v. 95, p. e20220415, 2023. https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220415.

OLIVEIRA, L. F.T.; SILVA, S. P. **Mudanças Institucionais e Produção Familiar na Cadeia Produtiva do Leite no Oeste Catarinense**. RESR, Piracicaba-SP, Vol. 50, Nº 4, p. 705-720, 2012.

ORMELEZ, C. R.; ULBRICHT L. Análise ergonômica do trabalho aplicada a um posto de trabalho com sobrecarga física**. Revista Uniandrade**, v. 11, n. 2, p. 69-84, jul.2010.

SABBAG, O. J.; COSTA, S. M. A. L. Análise de custos da produção de leite: aplicação do método de Monte Carlo. **Extensão Rural**, v. 22, n. 1, p. 125-145, 2015.

SALERNO, M.S. **Análise ergonômica do trabalho e projeto organizacional**: uma discussão comparada. Rio de Janeiro: Abrepro, 2000.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L.J.; LIMA, R.C.A.; NASCIMENTO, G.S.P.; CAÇADOR, S.S.; VIEIRA, M.P.L. Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker's health under the ergonomics approach. **International Journal of Industrial Ergonomics,** v. 82, 2021.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L.J.; LIMA, R.C.A.; NASCIMENTO, G.S.P.; CAÇADOR, S.S.; VIEIRA, M.P.L. Forest harvesting in rural properties: Risks and worsening to the worker's health under the ergonomics approach. **International Journal of Industrial Ergonomics,** v. 82, 2021.

SORANSO, D. R.; MINETTE, L. J.; ANDRADE, R. C.; SCHETTINO, S.; NASCIMENTO, G. S. P. BERMUDES, W. L.; CAMPOS, J. C. C. Biomechanical analysis of wood processing work in tropical forest regions: A study in Midwest Brazil. **Journal Of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 20, p. 1-12, 2023.

STÅL, M.; HANSSON, G.; MORITZ, U. Wrist positions and movements as possible risk factors during machine milking. **Applied Ergonomics**, v. 30, n. 6, p. 527-533, December 1999.

TAKEDA, F.; MERINO, E. A. D.; MERINO, G. S. A. D.; MORO, A. R. P.; DIAS, N. F. Avaliação dos indicadores de acidentes de trabalho como proposta de intervenções ergonômicas em um abatedouro de frangos. **Revista Produção Online**, v.16, n. 1, p. 182-209, jan./mar. 2016.

TONIAL, A. **Avaliação da Prevalência, Perfil e sintomatologia dos disturbios osteomusculares relacionados ao trabalho em membros superiores nos Ordenhadores da Grande Florianópolis**. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ULBRICHT, L. **Fatores de risco associados à incidência de DORT entre ordenadores em Santa Catarina**. 2003. 329 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ULBRICHT, L. **Relatório do projeto diagnóstico e recomendações em ergonomia: aplicação no estudo dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho dos ordenhadores do Estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2007.

ULBRICHT, L.; GONTIJO, L. A.; STADNIK, A. M. W. Work-related Musculoskeletal Disorders and Their Risk Factors: Exclusive urban pathology?. In**: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT**, 16, 2010, São Carlos – SP. Anais... São Carlos: ABEPRO, 2010.

VASCONCELLOS, P. M. B. **Guia prático para o fazendeiro**. NBL Editora, São Paulo; 1999.

VIDAL, M.C. O projeto da organização. In: MÁSCULO, F.S.; VIDAL, M.C. (Org.). Ergonomia: trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: **Elsevier/ABEPRO**, p. 421-443, 2011.

CHAPTER 3

CRIA MASIVA DEL GORGOJO DE LOS GRANOS DE MAIZ, *SITOPHILUS ZEAMAIS* M. PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN LABORATORIO

Acceptance date: 02/09/2024

Félix Ceballos José Ignacio
Instituto Tecnológico Superior de Eldorado

Loya Ramírez José Guadalupe
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Beltrán Morales Félix Alfredo
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ruiz Espinoza Francisco Higinio
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Robles Bermúdez Agustin
Universidad Autónoma de Nayarit

RESUMEN: El picudo de los granos de maíz, *Sitophilus zeamais* M., es la principal plaga del maíz almacenado porque afecta la calidad de las semillas y su valor nutricional y de mercado. El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología económica y efectiva para reproducción de esta especie con propósitos de investigación en laboratorio. Para determinar la capacidad reproductiva, 11 siembras de picudos en maíz fueron evaluadas donde el número de picudos emergidos en un periodo de 46 días fue cuantificado. La máxima cantidad de picudos emergidos ocurrio en las infestaciones del mes de diciembre con 265,225, 186 y 171 picudos correspondientes a las siembras del 14, 7, 21 y 28 del mismo mes, respectivamente. Los valores acumulados de adultos , de las infestaciones en las fechas anotadas anteriormente, con 686, 668, 597 y 443 picudos, respectivamente. La capacidad reproductiva de *Sitophilus zeamais* M. es favorable para obtener material biológico suficiente para bioensayos de laboratorio en una forma económica y práctica.

PALABRAS CLAVE: *Plagas de almacén, reproducción masiva, bioensayos*.

ABSTRACT: The weevil of corn kernels is the main pest of stored corn, affecting the quality of seeds and nutritional and market value. The objective of this work is to develop an economical and effective methodology for reproduction of this species for laboratory research purposes. 11 weevils infestations in health corn were oberved to know their reproductive capacity and count the number of weevils emerged in a period of 46 days after infestation. The maximum number of weevils emerged occurred in the infestations of December with 265,225,

186 and 171weevils corresponding to infestations of 14, 7, 21 and 28 on the same month, respectively. The accumulated adults emergenced were 686, 668, 597 and 443 weevils, respectively. The reproductive capacity of maize weevil, *Sitophilus zeamais* M., is favorable to obtain sufficient biological material for laboratory bioassays in economical and practical way.
KEYWORDS: Pest of stored, massive reproduction, bioassays

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los principales países productores de maíz fueron Estados Unidos y China con 35 y 21.2%, respectivamente. Mientras que, México ocupa el octavo lugar con un 2.4% (Ayala Espinosa *et al.,* 2019). El picudo del maíz (*Sitophilus zeamais* M.) es la principal plaga del maíz almacenado (Tripathi, 2018) y afecta: la seguridad alimentaria, la calidad de semillas y el valor nutricional y de mercado de tal producto (Goñi *et al.,* 2017). Además, en conjunto con otras especies de plagas de almacén provocan pérdidas del 14 al 50% del maíz cultivado en países en desarrollo y del 1 al 2% en países desarrollados (Ojo y Omoloye, 2012).

El principio fundamental para controlar plagas es identificar los factores: fisicos, quimicos, bioticos o abioticos que favorezcan a su desarrollo. De esta manera, la alteración de estos factores permitirá aplicar acciones que favorezcan la reduccion de poblaciones de la plaga a considerar. Además, se deben tomar en cuenta: la biología, hábitos, huésped u hospedero, época donde se presenta, el tipo de daño que causa, la interaccion con factores abióticos, origen, distribución y aquellos elementos donde no prospera el insecto plaga (Ramirez,1987).

Tomando en cuenta los factores mencionados, la reproducción masiva del picudo de los granos de maiz es importante por el uso que tiene para bioensayos de investigación que evalúan su comportamiento ante diferentes productos o variedades que afecten su desarrollo. De esta manera, los resultados de las investigaciones aportaran alternativas para su control en campo o almacén. En virtud de la facilidad de la reproducción de esta plaga, el objetivo es desarrollar una metodología económica y efectiva para la reproducción con propósitos de investigación científica en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Manejo Integrado de Plagas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur en los meses de diciembre del 2020 a marzo del 2021. De un cultivo de maíz se colecto grano infestado de donde se obtuvo una población de 406 picudos de diferente edad. Estos picudos fueron colocados en un frasco de plástico de 2.0 L con 713 gr de maíz industrial. La tapa del frasco fue modificada haciendo un orificio de 3 cm de diámetro y cubierto con una malla metálica para permitir el intercambio de gases y evitar la fuga de los especímenes. Los picudos vivos se colocaron en frascos de plástico de la misma capacidad con tapa modificada y con maíz nuevo.

Para evitar que la colonia fuera infestada por ácaros del campo, se procedió a preparar el grano mediante calentamiento en el horno de microondas por un minuto. De esta manera, fue posible obtener colonias de picudo libres de ácaros y otras plagas de almacén. Los picudos permanecieron en el frasco con maíz durante siete días para que ovipositarán en el maíz limpio. Al cabo de los siete días, los adultos fueron separados del grano mediante el uso de una criba. Una vez separados los picudos fueron conservados los vivos y transferidos a un frasco nuevo con maíz limpio, esta separación de adultos, selección de vivos y re infestación fue repetido 11 veces para aprovechar al máximo la colonial inicial de picudos y observar su capacidad de reproducción en cautiverio. La temperatura ambiente del laboratorio osciló entre 24 y 32°C.

A los 25 días después de la infestación (“siembra”) (ddi), los frascos con maíz infestado fueron revisados con el objetivo de obtener los adultos emergidos de la primera generación. Esta acción se realizó cada tercer o cuarto día para colectar los adultos emergidos y colocarlos en frascos de plástico de 750 ml con tapa modificada y con maíz nuevo. A los 67 ddi, los picudos emergidos de siete frascos de 750 ml (siembras) fueron reunidos en frascos de 2.0 L para facilitar su manejo. En este mismo frasco, fueron colocados los picudos obtenidos cada semana de la colonia inicial que permanecía contenida en un frasco de 2.0 L.

De esta manera, se obtuvo la cantidad de adultos que fueron producidos en cada una de las 11 siembras de manera separada. Este método permitió comparar la capacidad reproductiva de cada una de las 11 siembras. El método empleado para esta investigación fue de manera cuantitativa, con conteos manuales y con apoyo de pinzas entomológicas para la manipulación de los especímenes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta la emergencia de adultos de picudos de 11 siembras durante 46 días observados. La máxima cantidad de picudos emergidos ocurrió en el mes de diciembre con 265,225, 186 y 171 picudos, las cuales corresponden a las siembras del 14,7, 21 y 28 del mismo mes, respectivamente. Mientras que, las cuatro siembras de enero y las tres de febrero produjeron menos de 140 picudos.

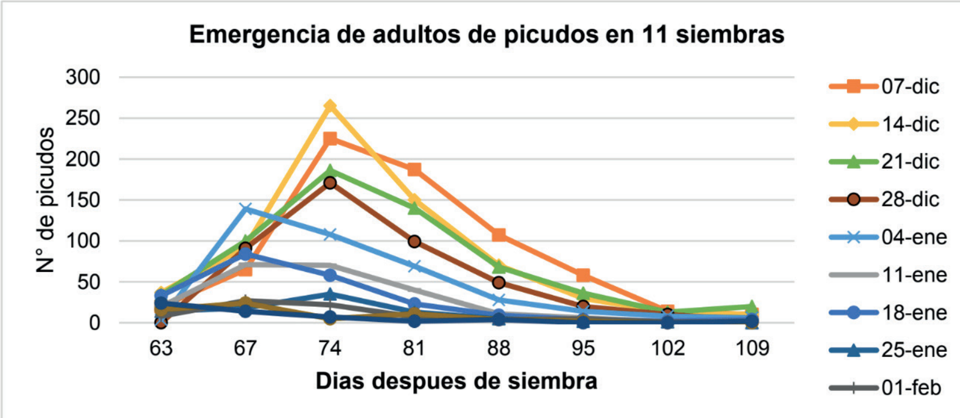


Figura 1. Emergencia de adultos de picudos en 11 siembras diferentes. 7 de diciembre: 225; 14 de diciembre: 265; 21 de diciembre: 186; 28 de diciembre: 171 picudos. 4 de enero: 139; 11 de enero: 70; 18 de enero: 58; 25 de enero: 22; 1 de febrero: 27; 8 de febrero: 24 y 15 de febrero: 24.

La variación observada en la reproducción de *S. zeamais* en los meses de enero y febrero esta relacionada con: el peso de 1000 granos, la cantidad y calidad de proteínas presentes y el contenido de humedad. Estos factores son identificados por Warchaleski *et al.,(*1989), Cotton y Wilbur (1974) y Amos *et al.,(*1986), quienes realizaron diferentes estudios en plagas de granos almacenados, entre ellas del género *Sitophilus spp.,* donde confirman la afectación de manera significativa en la fecundidad, el desarrollo y crecimiento de este grupo de insectos plaga.

La Figura 2 presenta el acumulado de picudos emergidos en 11 siembras diferentes. El máximo acumulado fueron en las siembras 1,2, 3 y 4 con 686, 668, 597 y 443 picudos, respectivamente. Mientras que, de las siembras 5 a la 11 los acumulados fueron menores a 400 picudos.

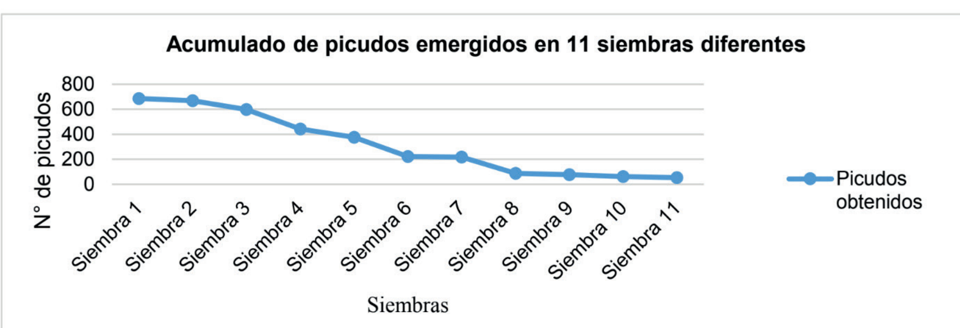


Figura 2. Acumulado de picudos emergidos en 11 siembras diferentes. Siembra 1: 686; Siembra 2: 668; Siembra 3: 597; Siembra 4: 443; Siembra 5: 376; Siembra 6: 222; Siembra 7: 217; Siembra 8: 88; Siembra 9: 76; Siembra 10: 62 y Siembra 11: 53.

Estos resultados difieren de los presentados por Danho y colaboradores (2002), quienes evaluaron la emergencia de *S. zeamais* en diferentes proporciones de grano (200,400 y 800 gr de maiz) en un periodo de 12 dias. Ellos obtuvieron un valor acumulado de picudos emergidos de 472 individuos con 800 gr de maiz, lo que es un valor inferior respecto a las tres primeras siembras de los resultados presentados pero con un valor superior a los acumulados de las siembras 4 a la 11.

CONCLUSIÓN

La capacidad reproductiva del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* M. es favorable para obtener material biológico suficiente para bioensayos de laboratorio en una forma económica y práctica.

REFERENCIAS

Amos T.G.,Semple R.L. and Williams R.1986.Mutiplication of some stored grain insects on varieties of wheat. Gen. Appl. Ent.Vol.18. Págs. 48-52.

Ayala Espinosa J.L., Quirós Quirós E. y Saravia Tasayco P. L. 2019. Los maíces nativos en México: alternativas para la generación de valor y desarrollo de oportunidades en el sector agroalimentario. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México. IICA. Pp.184.

Cotton R.T. and Wilbur D.A.1974. Insects. In storage of cereal grains and their products. 2nd Ed. (CM. Christensen, Ed.). Am. Assoc. Cereal Chem.St.Paul. Págs. 193-231.

Danho M., Gaspar C. and Haubruge E.2002. The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. Journal of Stored Products Research. Volume 38.Issue 3. ISSN 0022-474X. Págs. 259-266.

Goñi M.L., Gaña N.A., Herrera J.M., Strumia M.C., Andreatta A.E. and Martini R.E. 2017. Supercritical CO_2 iof LDPE films with terpene ketones as biopesticides against corn weevil (*Sitophilus zeamais*). J. Supercrit. Fluids. Vol. 122. Págs. 18–26.

Ojo J.A.and Omoloye A.A.2012. Rearing the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, on an artificial maize-cassava diet. Journal Insect Science.Vol.12. Págs. 1–9.

Ramirez G.1 987. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas.Edit. Continental.México D.F. Pp. 300.

Tripathi A.K. 2018. Pests and Their Management. Pests of stored grains.In: Omkar (Ed.).Springer, Singapore. Págs. 311-359.

Warchalewsky J.R., Nawrot J. and Klockiewicz Kaminska E.1989.The growth of laboratory populations of some stored products insects in nine wheat grain varieties harvested in 1986. Materialy XXIX Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roslin, Cz. II. Págs. 89-93.

COMPARAÇÃO ESTRUTURAL DA ALENO ÓXIDO CICLASE (AOC) EM TRÊS ESPÉCIES VEGETAIS: TOMATEIRO, MILHO E ARABIDOPSIS

Acceptance date: 02/09/2024

Mônica Trindade de Abreu

Carlos Augusto Cavalcante de Oliveira

RESUMO: O ácido jasmônico é um dos principais hormônios de defesa de plantas e depende da interação de uma série de enzimas que desencadeiam a resposta adequada. A Aleno Oxido Ciclase catalisa a produção do último intermediário cloroplastidial (Ácido 12-Oxofitodienoico). Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma comparação estrutural dessas proteínas em duas espécies agrícolas (tomateiro e planta de milho) e um organismo modelo (Arabidopsis). Para isso, a sequência primária foi coletada em duas plataformas de dados genéticos (NCBI e UniProt). Em seguida, esses dados foram tratados por meio dos seguintes softwares: Clustal Omega, SwissModel e EXpasy ProtParam. Os seguintes resultados foram obtidos: As sequências de aminoácidos das AOCs de Arabidopsis, Tomateiro e Milho são bem conservadas, preservando unidades funcionais através da evolução; A porção não essencial das sequências de aminoácidos parece estar sujeita à deriva genética, não refletindo a função evolutiva da proteína no sistema de defesa das plantas; A parte essencial da AOC, crucial para a catálise e regulação de reações, é conservada evolutivamente devido à sua importância no sistema de defesa das plantas; alterações nas propriedades físico-químicas podem afetar a capacidade catalítica da AOC por causa de impedimentos estéricos ou repulsão de cargas similares; a variação no número de aminoácidos e no peso molecular entre as AOCs das três espécies sugere que alguns aminoácidos não têm função específica; e a AOC é sensível a condições extremas de temperatura e pH, o que pode comprometer seu funcionamento e a defesa das plantas nas três espécies investigadas.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinformática; defesa de plantas; bioquímica.

STRUCTURAL COMPARISON OF ALLENE OXIDE CYCLASE (AOC) IN THREE PLANT SPECIES: TOMATO, MAIZE, AND ARABIDOPSIS

ABSTRACT: Jasmonic acid is one of the main plant defense hormones and relies on the interaction of a series of enzymes to trigger the appropriate response. Allene

Oxide Cyclase catalyzes the production of the last plastidial intermediate (12-Oxophytodienoic Acid). Thus, the aim of this work is to perform a structural comparison of these proteins in two agricultural species (tomato and maize) and a model organism (Arabidopsis). For this purpose, the primary sequence was collected from two genetic data platforms (NCBI and UniProt). Then, these data were processed using the following software: Clustal Omega, SwissModel, and EXpasy ProtParam. The following results were obtained: The amino acid sequences of AOCs from Arabidopsis, Tomato, and Maize are highly conserved, preserving functional units through evolution; The non-essential portion of the amino acid sequences appears to be subject to genetic drift, not reflecting the evolutionary function of the protein in the plant defense system; The essential part of the AOC, crucial for catalysis and regulation of reactions, is evolutionarily conserved due to its importance in the plant defense system; alterations in physicochemical properties can affect the catalytic ability of AOC because of steric hindrance or similar charge repulsion; the variation in the number of amino acids and molecular weight among the AOCs of the three species suggests that some amino acids do not have a specific function; and the AOC is sensitive to extreme temperature and pH conditions, which can compromise its function and the defense mechanisms of plants in the three species investigated.
KEYWORDS: Bioinformatics; plant defense; biochemistry.

INTRODUÇÃO

O Ácido Jasmônico (AJ) é um hormônio de defesa vegetal que atua como promotor de resistência a patógenos biotróficos e hemibiotróficos em diversas espécies (GHORBEL et al., 2021). Sua biossíntese é catalisada por uma série de enzimas localizadas em três compartimentos celulares diferentes: o cloroplasto, os peroxissomos e o citoplasma (OLIVEIRA et al., 2021). A produção do último intermediário cloroplastidial – Ácido 12-Oxofitodienoico (12-OPDA) – é catalisada pela Aleno Óxido Ciclase (AOC), uma enzima já caracterizada para uma gama de espécies vegetais (como em Liu et al. (2015) e Schaller et al. (2008)). Essa enzima é um importante regulador da produção de AJ (RIEMANN et al, 2013) e, portanto, de defesa da planta contra insetos e patógenos. Não obstante sua estrutura já estar solucionada, a comparação da estrutura de enzimas em espécies diferentes é de grande relevância, já que permite fazer inferências sobre a fisiologia e filogenia das espécies envolvidas, além de servir como substrato para o desenvolvimento de estudos moleculares e botânicos.

O milho (*Zea mays L.*) é o segundo grão mais produzido pelo agronegócio brasileiro (SILVA et al., 2020), apresentando em 2021 um volume de produção de cerca de 88 milhões de toneladas (IBGE, 2023). Este cereal é muito produzido em função do plantio e colheita facilitados, sendo principalmente utilizado para a alimentação animal, como fonte energética (COELHO, 2018). O tomateiro (*Solanum Lycopersicum*) é uma das culturas mais comuns na culinária brasileira, sendo muito consumida tanto em função de fatores culturais quanto à sua qualidade nutricional (DORAIS et al., 2008). Além disso, esta planta tem se tornado um

dos organismos mais utilizados para o desenvolvimento de experimentos, especialmente em ciências como a biotecnologia (GERSZBERG et al, 2014). A arabidopsis (*Arabidopsis thaliana*), por outro lado, é um organismo modelo utilizado para o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas, como genética, bioquímica e fisiologia de plantas (VAN NORMAN e BENFEY, 2009). Todos estes organismos apresentam a estrutura e composição de sua AOC desvendados e disponibilizados em bancos de dados genéticos e bioquímicos (SALANOUBAT et al., 2000; SUN et al., 2018; NIWA et al., 2018), sendo uma importante fonte de informação para o desenvolvimento de trabalhos de comparação estrutural, como o alinhamento e a modelagem de proteínas.

Apesar disso, pouca atenção tem sido dada à filogenia e a interrelação entre as AOCs em diferentes organismos, havendo a necessidade de preenchimento dessa lacuna de modo a fomentar o desenvolvimento de tecnologias para proteção de plantas. Por isso, o objetivo deste trabalho é realizar uma comparação estrutural de duas espécies de importância agronômica (tomateiro e o milho) e uma espécie modelo (arabidopsis).

METODOLOGIA

Espécies trabalhadas

Para o desenvolvimento da análise, foram selecionadas duas espécies vegetais de importância agrícola (*S. Lycopersicum* e *Z. mays L.*) e uma espécie modelo para estudos em botânica e fisiologia de plantas (*Arabidopsis thaliana*). Essas escolhas foram feitas, principalmente, em função de dois fatores: a disponibilidade das sequências nas plataformas de dados utilizadas e a importância das mesmas para o setor agrícola.

Sequências de aminoácidos e as fontes

A obtenção dos arquivos FASTA foi realizada por meio das plataformas NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) e UniProt ao digitar no espaço de busca o nome científico das espécies seguido do nome da enzima em inglês, ou seja, a AOC (Alenne Oxido Cyclase). Uma vez realizada a pesquisa, as sequências foram catalogadas e armazenadas para posterior processamento. Abaixo é possível verificar a estrutura primária das proteínas obtidas:

>AAR33049.1 allene oxide cyclase [Zea mays]
MAAALRCPASVRVSGPAAAGLAKVRQASRVVAVSGARQSRGGGVAVRASLFSPK
PAAAKDARPTKVQELYVYEINERDRESPAYLRLSAKQTENALGDLVPFTNKVYNGS
LDKRLGVTAGICVLIQHVPDRNGDRYEAIYSFYFGDYGHISVQGPYLTYEESYLAVG
GSGVFEGVYGQVKLNQIVFPFKIFYTFYLRGIPDLPRDLLCTPVPPSPTVEPTPAAR
AAPHASLDNYTN

>NP_001234019.1 allene oxide cyclase [Solanum lycopersicum]
MATVSSASAALRTISSSSSKLSSAFQTKKIQSFKLPNPLISQNHKLTTTSTTASRSFS
CKSQSTSTDSTNTEVQELSVYEINERDRGSPAYLRLSQKTVNSLGDLVPFSNKLYT
ADLKKRIGITAGLCILIKHEEEKKGDRYEAVYSFYFGDYGHIAVQGAYLTYEETYLAV
TGGSGIFAGVSGQVKLQQLIFPFKLFYTFYLKGIPGLPSELLCTAVPPSPTVEPTPEA
KACEEGAALKNYTN

>CAC83764.1 allene oxide cyclase [Arabidopsis thaliana]
MIMASSAAASISMITLRNLSRNHQSHQSTFLGFSRSFHNQRISSNSPGLSTRARST
TSSTGGFFRTICSSSSNDYSRPTKIQELNVYEFNEGDRNSPAVLKLGKKPDQLCLG
DLVPFTNKLYTGDLTKRIGITAGLCVLIQHVPEKKGDRFEASYSFYFGDYGHISVQG
PYLTYEDTFLAITGGSGVFEGAYGQVKLRQLVYPTKLFYTFYLKGVAADLPVELTGK
HVEPSKEVKPAAEAQATQPGATIANFTN

Processamento das sequências

Para comparar a sequência de aminoácidos das proteínas, foi realizado o seu alinhamento global, ou seja, a comparação de cada uma das unidades monoméricas de modo a inferir acerca das similaridades e discrepâncias ao longo de toda a macromolécula. Este procedimento foi realizado por meio do software heurístico *ClustalOmega* (SIEVERS e HIGGINS, 2018), que gera uma sequência linear de símbolos que indica o grau de semelhança das unidades que compõem a molécula. Assim, "*" indica que a mesma unidade se encontra naquela posição da proteína, "." indica que a maiorias dos aminoácidos são iguais ou possuem propriedades químicas semelhantes, ":" indica que, não obstante o aminoácido não se repetir em todas as proteínas, eles apresentam semelhança físico-química e, por fim, a ausência de símbolos indica que não há repetição de aminoácidos nem similaridade entre as suas características físico-químicas. Com base nesses símbolos é possível avaliar o grau de semelhança entre os aminoácidos de maneira visual e individual.

Ademais, foram construídas uma matriz de similaridade, indicando a proporção de aminoácidos similares nas estruturas proteicas, e uma árvore filogenética, mostrando qualitativamente a similaridade entre as sequências proteicas de cada espécie. Juntamente com a comparação visual das sequências no alinhamento, essas ferramentas permitem determinar a similaridade entre as proteínas, assim como as regiões conservadas e mais profundamente alteradas ao longo do processo evolutivo, possibilitando a inferência sobre a relação filogenética e homologia dessa proteína.

Modelos tridimensionais para cada uma das proteínas e sua sobreposição foram construídos com o auxílio do software *Swiss Model* (GUEX e PEITSCH) e a qualidade dos modelos criados foram ratificados por meio do *z-score* associado, um índice que indica o quão similar é a estrutura modelada em relação àquela definida experimentalmente.

Foi realizada a análise físico-química das unidades monoméricas por meio do chamado *EXpasy ProtParam* (GASTEIGER, 2003), um software que provê uma série de ferramentas dedicadas à análise de proteínas e proteômica. Através disso, foi possível inferir uma série de propriedades das proteínas, como: características químicas gerais, proporção de aminoácidos, proporção dos constituintes, coeficiente de extinção, meia-vida estimada, índice de estabilidade, índice alifático e a hidropaticidade.

A tabela abaixo sumariza os procedimentos realizados, apontando os principais resultados atingidos assim como o software utilizado para a realização da etapa de análise das sequências.

Análise	Resultados	Softwares
Alinhamento	Matriz de Similaridade Árvore Filogenética	ClustalÔmega
Criação de Modelos	Modelos Tridimensionais z-score QMEANDisCo	SwissModel
Análise Físico-Química	Propriedades Físico-Químicas	EXpasy ProtParam

Tabela 01: Resumo das análises realizadas, resultados e os softwares utilizados.

Fonte: Autores (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alinhamento das sequências

A Figura 01 mostra a comparação de cada uma das sequências de aminoácidos das AOCs de Arabidopsis, Tomateiro e da planta de Milho. É possível notar que cerca de 101 aminoácidos são completamente conservados (verificado pela presença do símbolo "*"), um resultado esperado dado que se está avaliando a mesma enzima, apesar de se encontrarem em espécies diferentes. Os indicadores de semelhança entre os aminoácidos da sequência ("." e ":") também foram encontrados em grande número, indicando que a proteína manteve boa parte de suas unidades (ou, pelo menos, manteve unidades com propriedades semelhantes) ao longo do processo evolutivo. Além disso, é possível verificar que da região intermediária até a porção terminal das sequências se observa um maior número de aminoácidos idênticos ou similares, indicando que esta região possivelmente tem papel ativo na catálise da reação de formação do 12-OPDA. As regiões da porção inicial, por outro lado, tendem a apresentar vários *gaps* (ausência de unidades ao longo da sequência), além de se encontrarem poucos pareamentos perfeitos entre as proteínas, indicando que estas região provavelmente está sujeita ao processo de deriva genética, com as variações observadas não refletindo a história evolutiva da proteína como componente do sistema de defesa em plantas.

```
Arabdopsis      MIMASSAAASISMITLRNLSRNHQSHQSTFLGFSRSFHNQRISS---NSPGLSTRARSTT    57
Tomateiro       MATVSSASAALRTIS------------SSSSKLSSAFQTKKIQSFKLPNPLISQNHKLTT    48
Milho           MAAALRCPASVRVSG------------PAAAGLAKVRQASRVVA-------VSGARQSRG    41
                *  .  . *::                 :   ::   : .:: :       :*   :

Arabdopsis      SSTGGFFRTIC-SSSSNDYSRPTKIQELNVYEFNEGDRNSPAVLKLGKKPDQLCLGDLVP    116
Tomateiro       TSTTASRSFSCKSQSTSTDSTNTEVQELSVYEINERDRGSPAYLRLSQK-TVNSLGDLVP    107
Milho           GGVAVRASLFSPKPAAAKDARPTKVQELYVYEINERDRESPAYLRLSAKQTENALGDLVP    101
                 ..       . . ::   :  *::*** ***:** ** *** *:*. *    .******

Arabdopsis      FTNKLYTGDLTKRIGITAGLCVLIQHVPEKKGDRFEASYSFYFGDYGHISVQGPYLTYED    176
Tomateiro       FSNKLYTADLKKRIGITAGLCILIKHEEEKKGDRYEAVYSFYFGDYGHIAVQGAYLTYEE    167
Milho           FTNKVYNGSLDKRLGVTAGICVLIQHVPDRNGDRYEAIYSFYFGDYGHISVQGPYLTYEE    161
                *:**:*...* **:*:***:*:**:*  :::***:** ***********:*** *****:

Arabdopsis      TFLAITGGSGVFEGAYGQVKLRQLVYPTKLFYTFYLKGVAADLPVELTGKHVEPSKEVKP    236
Tomateiro       TYLAVTGGSGIFAGVSGQVKLQQLIFPFKLFYTFYLKGIP-GLPSELLCTAVPPSPTVEP    226
Milho           SYLAVTGGSGVFEGVYGQVKLNQIVFPFKIFYTFYLRGIP-DLPRDLLCTPVPPSPTVEP    220
                ::**:*****:* *. *****.*:::* *:******:*:  .** :*  . * **  *:*

Arabdopsis      AAEAQATQPGATIANFTN    254
Tomateiro       TPEAKACEEGAALKNYTN    244
Milho           TPAARAAEPHASLDNYTN    238
                :  *:* :  *:: *:**
```

Figura 01: Alinhamento da estrutura primária da AOC em arabidopsis, tomateiro e planta de milho.

Fonte: Autores (2024)

Matriz de similaridade e árvore filogenética

A Tabela 01 mostra a matriz de similaridade da AOC para as três espécies avaliadas. A intercessão entre as linhas e as colunas indicam o percentual de similaridade entre as duas espécies, de modo que na diagonal principal necessariamente se tem 100% (já que a similaridade da AOC dentro da mesma espécie é sempre perfeita). É possível notar que dentre as espécies trabalhadas, milho e o tomateiro foram aqueles que apresentaram a maior similaridade entre si (58,23%). O tomateiro também apresentou percentual bem próximo com Arabidopsis daquele observado com o milho (57,08%), sendo que a similaridade entre o milho e Arabidopsis foi o menor encontrado (52,74%). Estes resultados mostram que, não obstante as diferenças observadas, a proporção de cerca de 55% de similaridade se mantém na comparação de espécies distantes entre si geneticamente, o que indica que esta enzima apresenta grande importância como sistema de defesa em plantas, de modo que a porção essencial da proteína (aquela envolvida na catálise de reações e sua regulação) é conservada ao longo da evolução.

Espécies	Arabidopsis	Tomateiro	Milho
Arabidopsis	100,00%	57,08%	52,74%
Tomateiro	57,08%	100,00%	58,23%
Milho	52,74%	58,23%	100,00%

Tabela 02: Matriz de similaridade.

Fonte: Autores (2024)

A Figura 01 mostra a árvore filogenética esboçada para as três espécies. É possível perceber que as espécies de importância agrícola apresentam maior relação filogenética entre si, corroborando os resultados encontrados anteriormente. Além disso, Arabidopsis foi a espécie menos relacionada às demais, conforme relatado anteriormente.



Figura 02: Árvore filogenética para as três espécies trabalhadas.

Fonte: Autores (2024)

Modelagem por homologia

A Figura 02A mostra a estrutura 3D de *S. lycopersicum* construída com o software *SwissModel,* enquanto a Figura 02B mostra um gráfico com os *scores* normalizados que podem ser usados para avaliar a qualidade do modelo, uma vez que a medida que se tem a estrela vermelha cada vez mais próxima no núcleo mais acinzentado do gráfico, maior a qualidade do modelo. Como pode ser visto, a estrela vermelha se encontra bem próximo à região central da nuvem de pontos (na extremidade direita), o que indica visualmente que o modelo construído para a proteína pode ser considerado adequado. Este resultado é reiterado quando se observa os parâmetros estatísticos que são disponíveis pelo software. O primeiro deles é o chamado GMQE (Global Model Quality Estimate), um índice da qualidade global do modelo que deve apresentar o módulo o mais próximo possível de 1 para modelos mais adequados. Para a proteína trabalhada, foi observado um valor de 0,81, um valor relativamente grande e que ratifica o resultado encontrado visualmente. O QMEANDisCo é outro parâmetro estatístico usado para avaliar a qualidade dos modelos. No entanto, diferente do índice utilizado anteriormente, espera-se valores o mais próximo possível da unidade em caso de bons modelos. O valor encontrado para a AOC do tomateiro foi de 0,83, um valor próximo de 1, em conformidade tanto com a avaliação visual quanto com o GMQE.

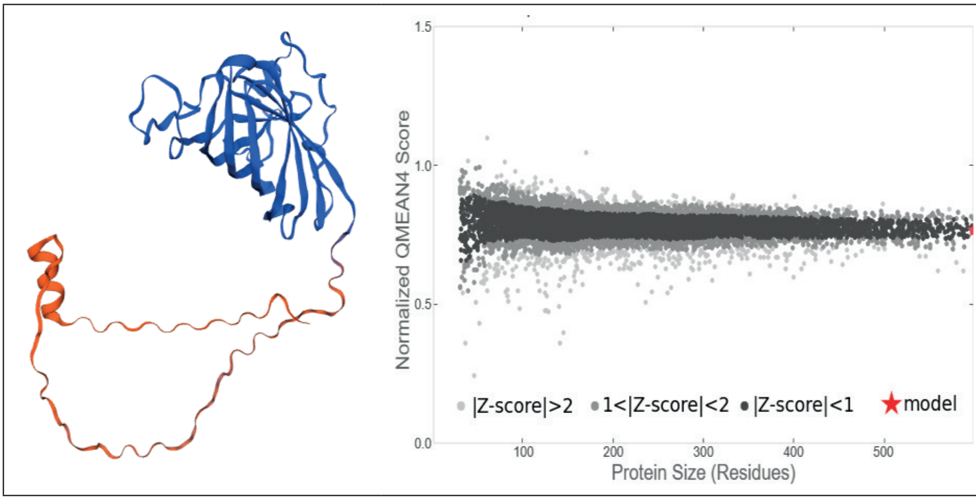


Figura 02: Modelo 3D da AOC e comparação com o conjunto não redundante de estruturas do PBDsum da *S. lycopersicum.*

Fonte: Autores (2024)

A Figura 03A mostra o modelo tridimensional para A. thaliana e a Figura 03B o gráfico de *scores* normalizados para *A. thaliana*. É fácil verificar que, como indicado pela seta vermelha na imagem, que o modelo pode visualmente ser considerado adequado, já que a estrela vermelha se encontra na região mais acinzentada e central da nuvem de pontos, o que indica um menor *score*, uma característica interessante na seleção de modelos. O GMQE foi de 0,8, indicando que o modelo pode ser considerado adequado para representar tridimensionalmente a proteína. O QMEANDisCo também foi elevado, com valor de 0,85, o que indica, conjuntamente com os demais índices de seleção, que o modelo pode ser utilizado com algum grau de segurança.

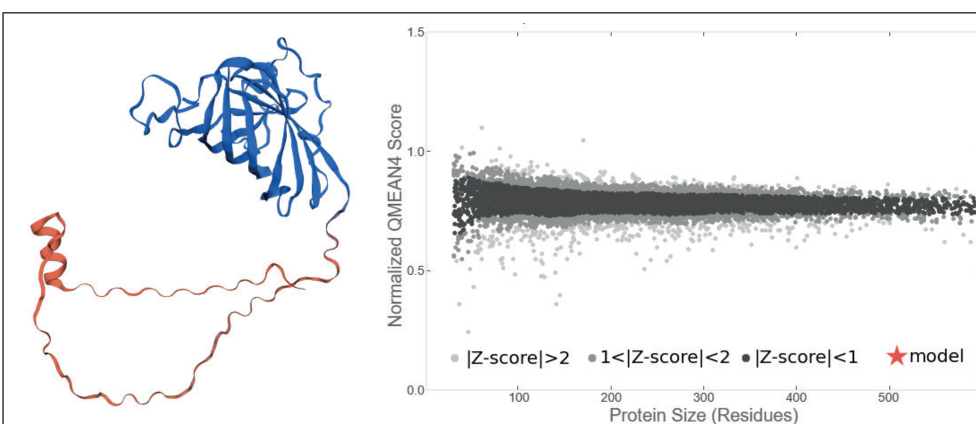


Figura 03: Modelo 3D da AOC e comparação com o conjunto não redundante de estruturas do PBDsum da *A. thaliana*.

Fonte: Autores (2024)

A Figura 04A mostra o modelo tridimensional da AOC de *Z. mays* enquanto a Figura 04B mostra o gráfico de *scores.* É possível notar que o modelo trabalhado se encontra na região intermediária da nuvem de pontes, o que indica um *score* mais próximo de 0 e, portanto, a adequação do modelo. O GMQE encontrado foi de 0,85 e o QMEANDisCo foi de 0,82, o que, em concordância com a análise visual, mostra que o modelo pode ser considerado adequado para descrever a proteína trabalhada.

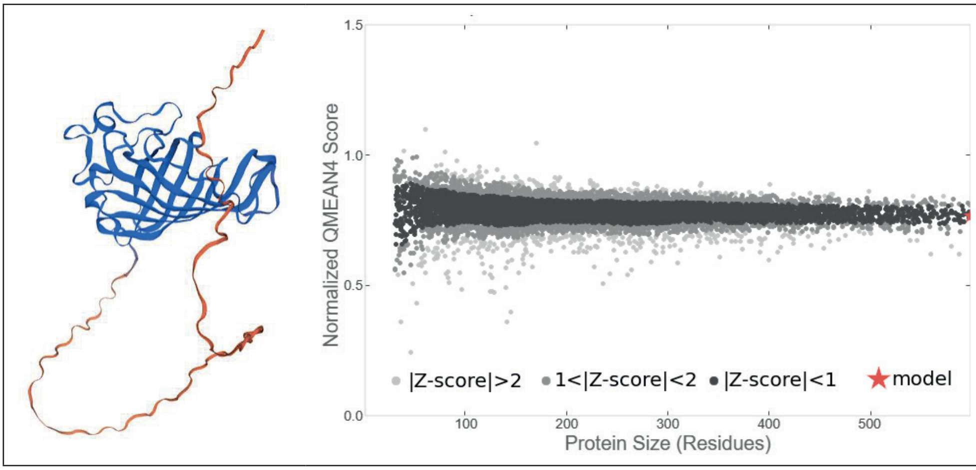


Figura 04: Modelo 3D da AOC e comparação com o conjunto não redundante de estruturas do PBDsum da *Z. mays.*

Fonte: Autores (2024)

Análise físico-química das proteínas

A tabela 03 mostra o percentual de aminoácidos de acordo com suas propriedades físico-químicas para as três espécies trabalhadas. Para o tomateiro e arabidopsis, é possível notar que a proporção de aminoácidos hidrofílicos (positivamente carregado + negativamente carregado + polar) é superior àqueles hidrofóbicos. Para a planta de milho, por outro lado, se observa uma situação invertida, ou seja, uma maior proporção de aminoácidos apolares. Estes resultados estão em conformidade com aqueles obtidos anteriormente, já que o tomateiro apresenta maior similaridade do que o milho com arabidopsis. Para todas as espécies o maior percentual de aminoácidos esteve entre os polares e os apolares, com pouca presença de aminoácidos carregados. Uma vez que não foi observada uma diferença muito significativa nas propriedades físico-químicas das espécies, pode-se inferir que alterações nessas proporções provavelmente alteram a capacidade de catálise da proteína, seja através de impedimento estérico ou repulsão de cargas similares.

Propriedade	Quantidade Relativa		
	S. lycopersicum	*A. thaliana*	*Z. mays*
Positivamente Carregado	11,48%	12,60%	12,18%
Polar	35,66%	33,46%	27,31%
Negativamente Carregado	8,61%	7,87%	8,82%
Aromático	9,84%	10,63%	10,08%
Apolar	34,43%	35,43%	41,60%

Tabela 03: Propriedades físico-químicas dos aminoácidos da AOC para tomateiro, arabidopsis e milho.

Fonte: Autores (2024)

A tabela 04 mostra as propriedades da proteína para as três espécies. É possível notar que existe certa variação quanto ao número de aminoácidos e, por conseguinte, quanto ao peso molecular da proteína, o que indica que alguns dos aminoácidos que compõem essas proteínas não apresentam atividade funcional, podem ser ausentes em função da espécie trabalhada.

O ponto isoelétrico (pI) é o valor de pH em que a carga líquida de uma proteína é nula. Para todas as espécies, é necessário um pH básico para atingir esse estado, como pode ser visto na Tabela 04. Para *A. thaliana* e *Z. mays* se tem os maiores valores de pI, enquanto que, para S. lycopersicum, se tem um valor de 8,74. Esta variação está ligada a composição monomérica da proteína, uma vez que proteínas com uma maior proporção de aminoácidos básicos tendem a apresentar um maior valor de pI e tanto tanto arabidopsis quanto a planta de milho apresentam uma maior proporção de cargas positivas (Tabela 03).

O coeficiente de extinção, também conhecido com absortividade molar, é uma constante ligada à absorção de luz pela proteína em comprimentos de onda específicos. Dentre as três espécies avaliadas, a planta de milho apresentou o maior valor para esse coeficiente, com o tomateiro e arabidopsis ocupando as segunda e terceira posições, respectivamente (Tabela 04). Estes resultados podem ser explicados em função do número de aminoácidos que compõem a proteína, uma vez que moléculas menores tendem a preencher de maneira mais efetiva a passagem da luz, de modo que a absorção é aumentada. Como discutido anteriormente, arabidopsis apresentação a maior cadeia aminoacídica, apresentando, portanto, o menor valor de coeficiente de extinção. Essa relação de inversa proporcionalidade é mantida para as duas espécies restantes. É importante notar que esse coeficiente tem seu módulo modificado dependendo da forma com os resíduos de cisteína estão associados (com os sem pontes de sulfeto), formando ou não moléculas de cistina. Assim, com a formação de cistina se tem maiores valores de coeficientes, enquanto que a ausência desse aminoácido acarreta menores valores para o coeficiente.

O índice de estabilidade é uma medida da estabilidade da proteína em tubo de teste. Valores abaixo de 40 indicam que a proteína pode ser considerada estável. Valores acima desse valor indicam que a proteína é considerada instável. A AOC de todas as espécies avaliadas foram consideradas instáveis. Assim, essa proteína tende a sofrer com alterações extremas em fatores biológicos, ou seja, climas mais quentes ou variações drásticas de pH tendem a impedir o funcionamento normal da proteína e, portanto, reduzir a capacidade de defesa da planta.

Propriedades		*S. lycopersicum*	*A. thaliana*	*Z. mays*
nº Aminoácidos		244	254	238
PM (g/mol)		26.565,09	27.809,37	25.777,29
pI		8,74	9,15	9,05
Coeficiente de Extinção	**c/ cistina**	19620	18005	22475
	s/ cistina	19370	17880	22350
Índice de Estabilidade		50,91	40,19	42,03
Índice Alifático		79,59	74,13	84,03
Média de Hidropaticidade (GRAVY)		-0,237	-0,295	-0,165

Tabela 04: Propriedades químicas da AOC para tomateiro, arabidopsis e milho

Fonte: Autores (2024)

CONCLUSÃO

De acordo com a investigação realizada, conclui-se que:

As sequências de aminoácidos das AOCs de Arabidopsis, Tomateiro e da planta de Milho são relativamente bem conservadas e a proteína mantém unidades com propriedades semelhantes ao longo do processo evolutivo.

As regiões não essenciais das sequências de aminoácidos provavelmente estão sujeitas ao processo de deriva genética, não refletindo a história evolutiva da proteína como componente do sistema de defesa em plantas, considerando as três espécies investigadas.

A AOC apresenta grande importância como sistema de defesa em plantas, de modo que a porção essencial da proteína, aquela envolvida na catálise de reações e sua regulação, é conservada ao longo da evolução.

As alterações nas proporções das propriedades físico-químicas das três espécies investigadas, provavelmente, alteram a capacidade de catálise da proteína, seja através de impedimento estérico ou da repulsão de cargas similares.

Existe variação quanto ao número de aminoácidos e, por conseguinte, quanto ao peso molecular da proteína, observados em plantas de Arabidopsis, Milho e tomateiro, o que indica que alguns dos aminoácidos que compõem essas proteínas não apresentam atividade funcional;

A proteína AOC tende a sofrer com alterações extremas em fatores biológicos, ou seja, climas mais quentes ou variações drásticas de pH tendem a impedir o funcionamento normal dessa proteína e, portanto, reduzir a capacidade de defesa da planta para as três espécies investigadas;

REFERÊNCIAS

GHORBEL, Mouna; BRINI, Faiçal; SHARMA, Anket; LANDI, Marco. Role of jasmonic acid in plants: the molecular point of view. **Plant Cell Reports**, [S.L.], v. 40, n. 8, p. 1471-1494, 5 abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s00299-021-02687-4.

LIU, H.H.; WANG, Y.G.; WANG, S.P.; LI, H.J.. Cloning and characterization of peanut allene oxide cyclase gene involved in salt-stressed responses. **Genetics And Molecular Research**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 2331-2340, 2015. Genetics and Molecular Research. http://dx.doi.org/10.4238/2015.march.27.18.

OLIVEIRA, Carlos Augusto Cavalcante de; SILVA, Renata Ferreira da; NASCIMENTO, Vitor Resende do; BRITO, Ana Ecídia de Araújo; NOGUEIRA, Glauco André dos Santos; FREITAS, Joze Melisa Nunes de; OLIVEIRA NETO, Cândido Ferreira de. ÁCIDO JASMÔNICO COMO IMPULSIONADOR DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS. **Agroeconomia**: Diálogos sobre pesquisas, estudos e práticas estratégicas nas ciências agrárias, [S.L.], p. 143-156, jul. 2021. Editora e-Publicar. http://dx.doi.org/10.47402/ed.ep.c2022172412856.

SCHALLER, Florian; ZERBE, Philipp; REINBOTHE, Steffen; REINBOTHE, Christiane; HOFMANN, Eckhard; POLLMANN, Stephan. The allene oxide cyclase family of Arabidopsis thaliana - localization and cyclization. **Febs Journal**, [S.L.], v. 275, n. 10, p. 2428-2441, 3 abr. 2008. Wiley. http://dx.doi.org/10.1111/j.1742-4658.2008.06388.x.

RIEMANN, Michael; HAGA, Ken; SHIMIZU, Takafumi; OKADA, Kazunori; ANDO, Sugihiro; MOCHIZUKI, Susumu; NISHIZAWA, Yoko; YAMANOUCHI, Utako; NICK, Peter; YANO, Masahiro. Identification of rice Allene Oxide Cyclase Mutants and the function of jasmonate for defence against Magnaporthe oryzae. **The Plant Journal**, [S.L.], v. 74, n. 2, p. 226-238, 4 mar. 2013. Wiley. http://dx.doi.org/10.1111/tpj.12115.

SUN, Silong; ZHOU, Yingsi; CHEN, Jian; SHI, Junpeng; ZHAO, Haiming; ZHAO, Hainan; SONG, Weibin; ZHANG, Mei; CUI, Yang; DONG, Xiaomei. Extensive intraspecific gene order and gene structural variations between Mo17 and other maize genomes. **Nature Genetics**, [S.L.], v. 50, n. 9, p. 1289-1295, 30 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1038/s41588-018-0182-0.

SALANOUBAT, M. *et al*. Sequence and analysis of chromosome 3 of the plant Arabidopsis thaliana. **Nature**, [S.L.], v. 408, n. 6814, p. 820-823, dez. 2000. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1038/35048706.

NIWA, Tomoko; SUZUKI, Takamasa; TAKEBAYASHI, Yumiko; ISHIGURO, Rie; HIGASHIYAMA, Tetsuya; SAKAKIBARA, Hitoshi; ISHIGURO, Sumie. Jasmonic acid facilitates flower opening and floral organ development through the upregulated expression of SlMYB21 transcription factor in tomato. **Bioscience, Biotechnology, And Biochemistry**, [S.L.], v. 82, n. 2, p. 292-303, 1 fev. 2018. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/09168451.2017.1422107.

SILVA, Luiz Eduardo Bezerra; SILVA, José Crisólogo de Sales; SOUZA, Willian Cleisson Lopes de; LIMA, Luan Lucas Cardoso; SANTOS, Rafael Lima Vieira dos. Desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 5 jul. 2020. Universidade Estadual de Alagoas. http://dx.doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-869.

IBGE. **Sidra:** Banco de Tabelas Estatísticas. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas. Acesso em : abril de 2023.

COELHO, Jackson Dantas. **Produção de grãos**: feijão, milho e soja. 3. ed. Fortaleza: Etene, 2018. 14 p. Disponível em: https://bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1038/1/2018_CDS_51.pdf. Acesso em: 14 abr. 2023.

GERSZBERG, Aneta; HNATUSZKO-KONKA, Katarzyna; KOWALCZYK, Tomasz; KONONOWICZ, Andrzej K.. Tomato (Solanum lycopersicum L.) in the service of biotechnology. **Plant Cell, Tissue And Organ Culture (Pctoc)**, [S.L.], v. 120, n. 3, p. 881-902, 30 nov. 2014. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s11240-014-0664-4.

DORAIS, Martine; EHRET, David L.; PAPADOPOULOS, Athanasios P.. Tomato (Solanum lycopersicum) health components: from the seed to the consumer. **Phytochemistry Reviews**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 231-250, 6 fev. 2008. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s11101-007-9085-x.

VAN NORMAN, Jaimie M.; BENFEY, Philip N.. Arabidopsis thaliana as a model organism in systems biology. **Wires Systems Biology And Medicine**, Durham, v. 1, n. 4, p. 372-379, dez. 2009.

SIEVERS, Fabian; HIGGINS, Desmond G.. Clustal Omega for making accurate alignments of many protein sequences. **Protein Science**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 135-145, 30 out. 2017. Wiley. http://dx.doi.org/10.1002/pro.3290.

GUEX, Nicolas; PEITSCH, Manuel C.. SWISS-MODEL and the Swiss-Pdb Viewer: an environment for comparative protein modeling. **Electrophoresis**, [S.L.], v. 18, n. 15, p. 2714-2723, jan. 1997. Wiley. http://dx.doi.org/10.1002/elps.1150181505.

GASTEIGER, E.. ExPASy: the proteomics server for in-depth protein knowledge and analysis. **Nucleic Acids Research**, [S.L.], v. 31, n. 13, p. 3784-3788, 1 jul. 2003. Oxford University Press (OUP). http://dx.doi.org/10.1093/nar/gkg563.

AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE DIFERENTES PRINCÍPIOS ATIVOS DE DESINFETANTES SOBRE A HIGIENIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Submission date: 28/06/2024 *Acceptance date: 02/09/2024*

Sara Eduarda Moreira do Nascimento
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
São Luís – MA
http://lattes.cnpq.br/5853267500767744

João Soares Gomes Filho
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
São Luís – MA
http://lattes.cnpq.br/5064114738187612

Nancyleni Pinto Chaves Bezerra
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
São Luís – MA
http://lattes.cnpq.br/7603276259449956

Lenka de Morais Lacerda
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
São Luís – MA
http://lattes.cnpq.br/4499976656869163

Márcia Soares Costa Gomes
Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural – AGERP
São Luís – MA
http://lattes.cnpq.br/6164605492821295

RESUMO: O setor avícola apresenta grande velocidade de expansão quando comparado aos principais setores produtivos que integram o complexo produtivo da carne, em todo o mundo e, para que a avicultura atinja alta produtividade, é necessário que estejam aliadas a nutrição, genética, manejo e sanidade. Sendo assim, o manejo sanitário e a sanidade são requisitos de fundamental relevância para que a produção de aves de corte e postura aumente. Objetivou-se, no presente trabalho: comparar a eficiência e eficácia de três princípios ativos (amônia quaternária, hipoclorito e fenol) utilizados na desinfecção de instalações avícolas do aviário da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, localizado na fazenda escola do Campus Paulo VI; determinar a quantidade de unidades formadoras de colônia (UFC) para cada um dos princípios ativos utilizados na desinfecção e identificar os gêneros de bactérias e fungos presentes nas instalações avícolas. O trabalho consistiu em duas etapas: na primeira, foram realizadas as coletas de *swabs* de arrasto das instalações avícolas do aviário no período do vazio sanitário de 15 dias (na saída do lote de frango, após a limpeza seca e após a limpeza úmida e a desinfecção) e a segunda etapa, foram realizadas análises

microbiológicas de 47 amostras no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água do curso de Medicina Veterinária da UEMA. A totalidade das cepas isoladas foram confirmadas como pertencentes às espécies da Família Enterobacteriaceae (foram identificadas fenotipicamente 11 espécies de enterobactérias totalizando os 78 isolados obtidos *swabs* coletados) e do gênero *Staphylococcus* spp. (foram identificadas fenotipicamente nove espécies de *Staphylococcus* totalizando 87 isolados obtidos dos *swabs* coletados), o que se conclui que os princípios ativos dos desinfetantes utilizados (amônia quaternária, fenol e hipoclorito de sódio) não foram eficientes e nem eficazes na eliminação desses microrganismos.
PALAVRAS-CHAVE: Biosseguridade. Higienização. Microbiologia.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT ACTIVE PRINCIPLES DISINFECTANTS ON CLEANING AND DISINFECTION OF FACILITIES FOR BROIDER CHICKENS

ABSTRACT: The poultry sector presents a great speed of expansion when compared to the main productive sectors that make up the meat production complex, around the world and, for poultry farming to reach high productivity, it is necessary to combine nutrition, genetics, management and health. Therefore, sanitary management and health are fundamentally important requirements for the production of meat and laying birds to increase. The objective of this work was to compare the efficiency and effectiveness of three active ingredients (quaternary ammonia, hypochlorite and phenol) used in the disinfection of poultry facilities in the aviary of the State University of Maranhão - UEMA, located on the school farm of Campus Paulo VI; to determine the number of colony forming units (CFU) for each of the active ingredients used in disinfection and identify the genera of bacteria and fungi present in poultry facilities. The work consisted of two stages: in the first, drag swabs were collected from the aviary's poultry facilities during the 15-day sanitary void period (at the exit of the chicken batch, after dry cleaning and after wet cleaning and disinfection) and the second stage, microbiological analyzes of 47 samples were carried out in the Food and Water Microbiology Laboratory of the UEMA Veterinary Medicine course. All of the isolated strains were confirmed as belonging to species of the Enterobacteriaceae Family (11 species of Enterobacteriaceae were phenotypically identified, totaling the 78 isolates obtained from swabs collected) and of the genus Staphylococcus spp. (nine species of Staphylococcus were phenotypically identified, totaling 87 isolates obtained from the swabs collected), which leads to the conclusion that the active ingredients of the disinfectants used (quartenary ammonia, phenol and sodium hypochlorite) were neither efficient nor effective in eliminating these microorganisms.
KEYWORDS: Biosecurity. Sanitation. Microbiology

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, têm- se evidenciado práticas de prevenção frente à contaminação por microrganismos patogênicos e a ocorrência de enfermidades. Burbarelli (2016) demonstraram a influência direta das práticas de limpeza e desinfecção no desempenho produtivo de frangos de corte, obtendo maiores índices de produção com aves alojadas em instalações e equipamentos previamente limpos e desinfetados. Em paralelo, a qualidade sanitária da carne de frango também está relacionada às boas práticas de produção, devido à possibilidade de contaminação da carcaça desde o nascimento até o abate.

Desta maneira, a limpeza e desinfecção juntamente com práticas de biosseguridade mostram-se indispensáveis na redução da carga microbiana no ambiente de criação de frangos de corte, bem como para evitar a contaminação de carcaças e cortes e ainda à ocorrência de surtos de doenças bacterianas intestinais em humanos (GREZZI, 2007).

Microrganismos patogênicos podem ser introduzidos em instalações avícolas de várias maneiras: pelos próprios funcionários da granja, pelo vento, por outros animais, materiais e alimentos contaminados. Por isso, os protocolos de limpeza e desinfecção são componentes essenciais de qualquer programa de biosseguridade, buscando conter ou reduzir ao máximo possíveis disseminações de doenças (GREZZI, 2007).

Dessa forma, um bom programa de limpeza e desinfecção é a base para uma boa sanidade animal, uma vez que, em condições de confinamento, a gravidade e a ocorrência das enfermidades estão diretamente relacionadas ao nível de contaminação do ambiente. Um programa efetivo de biosseguridade é uma excelente maneira de manter os sistemas de produção livres ou controlados, no que diz respeito à presença de doenças para risco de saúde pública e de grande impacto econômico (SOBESTIANSKY, 2002; SESTI, 2005).

A limpeza e a desinfecção do aviário têm como meta reduzir a quantidade de microrganismos patogênicos no ambiente de criação. Considera-se que nenhum desinfetante poderá exercer sua ação com eficiência se não houver uma limpeza prévia. Assim, essas duas atividades devem ser sequenciais para se obter efeito desejável de criar um ambiente com o mínimo de agressão às aves (MENDES *et al*., 2004).

Objetivou-se comparar a eficiência e eficácia de diferentes princípios ativos utilizados na desinfecção de instalações avícolas, no aviário da Universidade Estadual do Maranhão; determinar a quantidade de unidades formadoras de colônia (UFC) para cada um dos princípios ativos utilizados na desinfecção (amônia quaternária, hipoclorito, fenol) e identificar os gêneros de bactérias presentes nas instalações avícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no aviário da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, localizado na fazenda escola do Campus Paulo VI, no período de julho a novembro de 2023. O delineamento consistiu em duas etapas: (i) foram realizadas as coletas de *swabs* de arrasto das instalações avícolas do aviário no período do vazio sanitário de 15 dias (na saída do lote de frango, após a limpeza seca e após a limpeza úmida e a desinfecção) e (ii) foram realizadas análises microbiológicas de 47 *swabs* de arrasto obtidos de quatro coletas. As limpezas seca (varrição) e úmida (água e sabão em pó) foram iguais para todos os boxes, diferindo na desinfecção, tendo em vista que foram utilizados três princípios ativos (hipoclorito, amônia quartenária e fenol).

Isolamento e Identificação Bacteriana

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

Enterobactérias

Um inóculo (100 µL) das amostras (*swabs* de arrasto embebido em água peptonada esterilizada) foi transferido para ágar MacConkey e incubado a 37 ºC por até 24 h. Após crescimento de colônias sugestivas (rosas, com área rosa ou incolores), até três colônias com mesmo morfotipo foram transferidas para meio Tryptic Soy Agar (TSA), incubada a 37°C/24 h para verificação da pureza das colônias.

A totalidade das cepas isoladas foram confirmadas como pertencentes a espécies da Família Enterobacteriaceae, por prova tintorial (coloração de Gram) e fenotípicas [(indol; Voges Proskauer; citrato de Simmons; produção de H_2S; hidrólise da uréia; triptofano desaminase; descarboxilação de lisina, arginina e ornitina; malonato; oxidação da glicose; fermentação de lactose, sacarose, manitol, adonitol, mioinositol, sorbitol, sorbitol, rafinose, ramnose, maltose, melobiose; e, hidrólise da esculina)], de acordo com Koneman *et al*. (2001) e Murray (2003) (Tabela 1).

Bactérias Gram negativas	H_2S	Ind	Gli	Lis	Mot	Lac	Cit	Esc	Mal	Ur
Klebisiella oxytoca	-	+	+	+	+/-	+	+	+	+	+
Escherichia hemani	-	+	+	-	+/-	+/-	-	+/-	-	-
Escherichia coli	-	+	+	+/-	-	+	-	+/-	-	-
Enterobacter gergoviae	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Klebisiella ozaenae	-	-	+	-	-	+/-	-	+	-	-
Enterobacter sakazakie	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+/-
Enterobacter cloacae	-	-	+	-	+	+	+	+/-	+	+/-
Serratia liquefaciens	-	+/-	+	+	+	+/-	+	+	+/-	+
Serratia sp.	-	+/-	+	+	+	+/-	+	+/-	+/-	-
Klebisiella pneumoniae	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
Citrobacter koseri	-	+	+	-	+	+/-	+	+/-	+	+/-

Onde: H_2S:sulfeto de hidrogênio; Ind:indol; Gli: gás (glicose); Lis: Lisina; Mot: Motilidade; Lac: Lactose; Cit: Citrato; Esc: Esculina; Mal: Malonato e Ur: Ureia.

Tabela 1. Identificação fenotípica de bactérias Gram negativa.

Fonte: Adaptado de Koneman *et al.* (2001) e Murray (2003).

***Staphylococcus* sp.**

De forma semelhante à pesquisa de enterobactérias, foram semeados inóculos (100 µL) das amostras (*swab* de arrasto e água peptonada esterilizada) em ágar Manitol e incubado a 37 ºC por até 24 h. Após crescimento de colônias sugestivas (amarelas ou brancas), até três colônias com mesmo morfotipo foram transferidas para meio Tryptic Soy Agar (TSA), incubada a 37°C/24 h para verificação da pureza das colônias

A totalidade das cepas foram confirmadas como pertencentes a espécies do gênero *Staphylococcus*, por provas tintoriais (coloração de Gram) e bioquímicas (coagulase, catalase, manitol, Dnase, sacarose e Voges Proskauer), conforme protocolo estabelecido por Silva *et al.* (2017) (Tabela 2).

Espécie	Coagulase	Dnase	Manitol	Voges Proskauer	Sacarose	Hemólise	Catalase
S. aureus	+	+	+	+	+	(+)	+
S. delphini	+	-	+	-	+	+	+
S. intermedius	+	+	+/-	-	+	+	+
S. hyicus	(+)	+	-	-	+	-	+
S. aureus subsp. anaerobius	+	+	+	+	+	(+)	-
S. schleiferi subsp. coagulans	+	-	-	+	-	+	+
S. caprae	-	+	+/-	+	-	(+)	+
S. chromogens	-	-	+/-	-	+	-	+
S. cohnii	-	-	+	+/-	-	-	+
S. epidermidis	-	-	-	+	+	V	+
S. haemolyticus	-	-	+/-	+	+	+	+
S. lentus	-	-	+	-	-	-	+
S. saprophyticus	-	-	+	+	+	-	+
S. sciuri	-	-	+	-	+	-	+
S. warneri	-	-	+	+	+	-W	+
S. xylosus	-	-	+	+/-	+	+	+

Tabela 2. Identificação Bioquímica Bactérias Gram Positivas

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Enterobactérias

Foram identificadas fenotipicamente 11 espécies de enterobactérias totalizando os 78 isolados obtidos (Tabela 3) dos 47 *swabs* coletados. As espécies identificadas neste estudo estão asssim distribuídas: *Enterobacter georgivae* (n= 26); *Klebsiella oxytoca* (n= 12); *Escherichia coli* (n= 10); *Serratia liquefaciens* (n= 8); *Enterobacter sakazakii* (n= 6); *Klebsiella pneumoniae* (n= 6); *Escherichia hermani* (n= 2); *Klebsiella ozaenae* (n= 2); *Enterobacter cloacae* (n= 2); *Serratia* sp. (n= 2); e, *Citrobacter koseri* (n= 2).

Amostra	Coletas	Bactérias Gram negativas
1	C1.1	*Klebisiella oxytoca*
2	C1.2	*Escherichia hemani*
3	C1.3	*Escherichia coli*
4	C1.4	*Enterobacter gergoviae*
5	C1.5	*Enterobacter gergoviae*
6	C1.6	*Escherichia coli*
7	C1.7	*Escherichia coli*
8	C1.10	*Klebisiella ozaenae*
9	C1.11	*Enterobacter sakazakie*
10	C1.12	*Enterobacter cloacae*
11	C1.13	*Enterobacter sakazakie*
12	C1.14	*Serratia liquefaciens*
13	C1.15	*Enterobacter gergoviae*
14	C2.2	*Serratia liquefaciens*
15	C2.3	*Serratia liquefaciens*
16	C2.4	*Enterobacter gergoviae*
17	C2.5	*Escherichia coli*
18	C2.7	*Enterobacter gergoviae*
19	C2.10	*Serratia sp.*
20	C2.11	*Klebisiella oxytoca*
21	C2.12	*Enterobacter gergoviae*
22	C2.15	*Klebisiella oxytoca*
23	C3.2	*Klebisiella pneumoniae*
24	C3.4	*Enterobacter gergoviae*
25	C3.6	*Serratia liquefaciens*
26	C3.10	*Citrobacter koseri*
27	C3.11	*Enterobacter gergoviae*
28	C3.12	*Enterobacter sakazakie*
29	C3.13	*Escherichia coli*
30	C4.1	*Enterobacter gergoviae*
31	C4.2	*Enterobacter gergoviae*
32	C4.4	*Enterobacter gergoviae*
33	C4.5	*Klebisiella oxytoca*
34	C4.6	*Enterobacter gergoviae*
35	C4.7	*Klebisiella pneumoniae*
36	C4.10	*Klebisiella oxytoca*
37	C4.12	*Klebisiella oxytoca*
38	C4.13	*Klebisiella pneumoniae*
39	C4.15	*Enterobacter gergoviae*

Onde: C1- Primeira Coleta; C2- Segunda Coleta; C3- Terceira Coleta; C4- Quarta Coleta.

Tabela 3. Espécies de enterobactérias isoladas de instalação de frango de corte por coleta e princípio ativo avaliado

Staphylococcus sp.

Foram identificadas fenotipicamente nove espécies de *Staphylococcus* totalizando 87 isolados obtidos (Tabela 4), dos 47 *swabs* coletados. As espécies foram assim categorizadas: *S. delphini* (n= 24); *S. capre* (n= 15); *S. schleiferi* subsp. *coagulans hyicus* (n= 12); *S. hyicus* (n= 12); *S. epidermidis* (n= 9); *S. intermidius* (n= 6); *S. haemolyticus* (n=3); *S. saprophyticus* (n= 3); e, *S. aureus* subsp. *anaerobius* (n= 3).

Amostra	Coletas	Bactérias Gram positiva
1	C1.1	*S. capre*
2	C1.2	*S. epidermidis*
3	C1.3	*S. hyicus*
4	C1.4	*S. capre*
5	C1.5	*S. intermidius*
6	C1.6	*S. epidermidis*
7	C1.7	*S. capre*
8	C1.10	*S. aureus*
9	C1.11	*S. aureus subsp. Anaerobius*
10	C1.12	*S. aureus*
11	C1.13	*S. capre*
12	C1.14	*S. aureus*
13	C1.15	*S. aureus*
14	C2.1	*S. aureus*
15	C2.2	*S. hyicus*
16	C2.4	*S. hyicus*
17	C2.5	*S. delphini*
18	C2.6	*S. aureus*
19	C2.10	*S. delphini*
20	C2.11	*S. intermidius*
21	C2.12	*S. aureus*
22	C2.13	*S. aureus*
23	C2.14	*S. aureus*
24	C2.15	*S. aureus*
25	C3.1	*S. delphini*
26	C3.2	*S. intermidius*
27	C3.3	*S. intermidius*
28	C3.4	*S. intermidius*
29	C3.6	*S. intermidius*
30	C3.7	*S. aureus*
31	C3.10	*S. aureus*
32	C3.11	*S. delphini*
33	C3.12	*S. hyicus*
34	C3.13	*S. aureus*

35	C3.14	*S. capre*
36	C3.15	*S. schleiferi subsp. Coagulans*
37	C4.1	*S. schleiferi subsp. Coagulans*
38	C4.2	*S. schleiferi subsp. Coagulans*
39	C4.3	*S. aureus*
40	C4.4	*S. delphini*
41	C4.5	*S. schleiferi subsp. Coagulans*
42	C4.7	*S. delphini*
43	C4.10	*S. epidermidis*
44	C4.11	*S. delphini*
45	C4.12	*S. delphini*
46	C4.13	*S. haemolyticus*
47	C4.14	*S. saprophyticus*

Onde: C1- Primeira Coleta; C2- Segunda Coleta; C3- Terceira Coleta; C4- Quarta Coleta.

Tabela 4. Espécies de enterobactérias isoladas de instalação de frango de corte por coleta e princípio ativo avaliado

CONCLUSÃO

Observou-se, no presente trabalho, que os tratamentos utilizados com desinfetantes, utilizando os princípios ativos (hipoclorito de sódio, amônia quaternária e fenol), não foram eficientes e nem eficazes para eliminação das bactérias isoladas no aviário da UEMA (Enterobactérias e *Staphylococcus* sp.).

REFERÊNCIAS

BURBARELLI, M. F. DE C. **Limpeza e desinfecção em galpões de frango de corte: eficiência, produtividade e avaliação econômico-financeira frente à Campylobacter spp**. 2016. 138 f. Tese (Doutorado em Nutrição e produção animal). Universidade de São Paulo. 2016.

GREZZI, G. Limpeza e desinfecção na avicultura. **Ergomix online**, 2008. Disponível em: http://www.pt.ergomix.com. Acesso em: 05 de junho de 2024.

KONEMAN, E. W.; ALLEN, S. D.; JANDA, W. M.; SCRECKENBERGER, P. C.; WINN JR, W. C. **Diagnóstico Microbiológico**. Texto e Atlas Colorido. 5. Ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2001.

MENDES, A. A. et al. **Produção de Frangos de Corte.** Campinas, FACTA, Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Agrícola, 2004. Cap. 8, p.117- 119. Cap. 11, p.171- 173.

MURRAY, P.R. (Ed.) **Manual of Clinical Microbiology**, Eigth Edition. Washington, DC: ASM Press, 2003.

SESTI, L. **Biosseguridade na moderna avicultura: O que fazer e o que não fazer.** 2005. Disponível em: Acesso em 11 jun. 2024.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017. 560 p.

SOBESTIANSKY, J. **Sistema Intensivo de Produção de Suínos: Programa de Biossegurança**. Goiânia: O Autor. p. 108. 2002.

CHAPTER 6

AVANÇOS NA PRODUÇÃO DE TUBETES ECOLÓGICOS: UMA REVISÃO

Submission date: 28/06/2024 *Acceptance date: 02/09/2024*

Maira Maria Oliveira Rodrigues
Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG
Ituiutaba – MG
http://lattes.cnpq.br/3177228672728837

Gabriel Alves Pousas Ker
Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG
Ituiutaba – MG
http://lattes.cnpq.br/4191677507781276

Rafael de Oliveira Pedro
Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG
Ituiutaba – MG
http://lattes.cnpq.br/8138341335413386

Eveline Soares Costa
Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG
Ituiutaba – MG
http://lattes.cnpq.br/9126084206992314

RESUMO: A expansão da agricultura e pecuária extensiva, marcada pela perda de cobertura florestal, causa sérias consequências ambientais como a degradação do solo, recursos hídricos e redução da biodiversidade. Com a crescente preocupação global com a qualidade ambiental, a demanda por serviços e produtos florestais para reverter processos de degradação e restaurar ecossistemas degradados têm aumentado. Diversas técnicas de restauração são usadas no Brasil devido à diversidade de biomas, com variações conforme as condições ambientais. Diante dessa realidade, a qualidade das mudas é crucial para o sucesso do reflorestamento, influenciando a formação e custo de povoamento da área. Pesquisas buscam melhorar a qualidade das mudas por meio de melhores metodologias, recipientes, substratos e fertilizações. Mudas de alta qualidade são essenciais para resistir às condições adversas do campo. A produção de mudas em recipientes, principalmente tubetes que são pequenos recipientes cilíndricos usados para o plantio de sementes ou mudas, permite melhor controle da nutrição e proteção das raízes, facilitando o manejo no viveiro, transporte, distribuição e plantio. Os tubetes são geralmente fabricados de polietileno (PE) e polipropileno (PP) e são economicamente atrativos, porém resistentes à biodegradação, tornando-se desvantajosos ambientalmente. Assim, a tendência é adotar materiais biodegradáveis

que se degradam mais rapidamente no solo. Pesquisas sobre tubetes biodegradáveis são recentes e altamente valorizadas por serem mais alinhadas com as propostas de conservação do meio ambiente, sendo conduzidas em países como Malásia, Japão, Itália, Estados Unidos e Brasil.
PALAVRAS-CHAVE: tubete biodegradável; inovação; reflorestamento; biomassa

ADVANCEMENTS IN THE PRODUCTION OF ECO-FRIENDLY SEEDLING TUBES: A REVIEW

ABSTRACT: The expansion of agriculture and extensive livestock farming, marked by the loss of forest cover, causes serious environmental consequences such as soil degradation, water resource depletion, and biodiversity reduction. With the growing global concern for environmental quality, the demand for forestry services and products to reverse degradation processes and restore degraded ecosystems has increased. Various restoration techniques are used in Brazil due to the diversity of biomes, with variations according to environmental conditions. In this context, the quality of seedlings is crucial for the success of reforestation, influencing the establishment and cost of area settlement. Research aims to improve seedling quality through better methodologies, containers, substrates, and fertilizations. High-quality seedlings are essential to withstand adverse field conditions. The production of seedlings in containers, especially grow-tubes, which are small cylindrical containers used for planting seeds or seedlings, allows for better control of nutrition and root protection, facilitating nursery management, transportation, distribution, and planting. Grow-tubes are generally made of polyethylene (PE) and polypropylene (PP) and are economically attractive, but their resistance to biodegradation makes them environmentally disadvantageous. Therefore, it is important to adopt biodegradable materials that degrade more rapidly in the soil. Research on biodegradable grow-tubes is recent and highly valued for being aligned with environmental conservation proposals, with studies being conducted in countries such as Malaysia, Japan, Italy, the United States, and Brazil.
KEYWORDS: biodegradable tube; innovation; reforestation; biomass

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais ocasionados pela expansão da agricultura e pecuária extensiva, que tem como principal característica a perda da cobertura florestal, tem levado a graves consequências, como a degradação do solo e dos recursos hídricos e redução da biodiversidade (Ferraz & Engel, 2011). Como a preocupação mundial em relação à qualidade ambiental tem se mostrado cada vez maior, a demanda de serviços e produtos florestais no intuito de reverter os processos de degradação e restaurar os ecossistemas degradados têm aumentado (Leles, 2006).

Em solenidade ocorrida na sede da ONU em 2015, o Brasil anunciou o conjunto de iniciativas a serem implementadas no país para o enfrentamento das mudanças climáticas. Entre elas, o compromisso de recuperar 12 milhões de hectares de florestas até 2030. Esse compromisso foi incluída na *Intended Nationally Determined Contribution* (iNDC) (Instituto Escolhas, 2016)

O Instituto Escolhas (2016), por exemplo, calculou que a meta dos 12 milhões de hectares requer investimento entre R$ 31 bilhões e R$ 52 bilhões em 14 anos.

Diversas técnicas de restauração são utilizadas no Brasil devido à diversidade de biomas e até mesmo variações para a mesma técnica podem ser encontradas dependendo do cenário das condições ambientais. Estimativas mostram que métodos de restauração florestal que envolvem o plantio de mudas implicam geralmente alto custo de implantação, que ultrapassa US$ 1,500.00/ha, dos quais cerca de 60% correspondem ao valor das mudas (Ferraz & Engel, 2011). Diante do cenário, o País assiste hoje a uma corrida tecnológica para coleta de dados em campo e desenvolvimento de modelos econômicos viáveis.

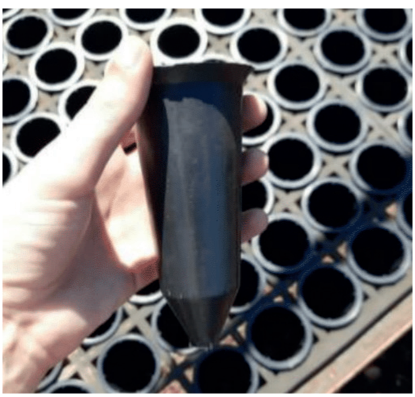
Um dos principais problemas encontrados quando se almeja o reflorestamento de áreas degradadas são a qualidade das mudas. Este parâmetro, acompanhado de os fatores ambientais e as técnicas silviculturais, são importantes para a diminuição do tempo de formação e redução do custo do povoamento da área trabalhada (Lima-Filho, 2019). O desenvolvimento de pesquisas para aumentar a qualidade das mudas, melhores metodologias, recipientes, substratos e fertilizações são os alguns dos pontos que os pesquisadores buscam para aumentar a qualidade após o plantio (Cunha, 2022).

Quando as mudas são produzidas com qualidade, em colaboração com outros fatores, elas poderão ditar se o reflorestamento terá êxito no plantio, pois estas, além de terem maior capacidade de resistirem às condições adversas encontradas no campo, devem crescer o mais rápido possível para competir com a vegetação espontânea e diminuir possíveis danos causados por pragas florestais, como formigas cortadeiras e cupins (Santarelli, 2004).

A preocupação pela produção por mudas de qualidade não está apenas no setor de reflorestamento, mas também em setores como o do café (Marana, 2008), ornamentação (Ferraz et. al., 2015), produtos derivados da madeira (Lima, 2014), entre outros.

Dentre os diversos os fatores que influenciam na qualidade de mudas destacam-se os recipientes utilizados. A produção de mudas em recipientes é o sistema mais utilizado, principalmente por permitir a melhor qualidade, devido ao melhor controle da nutrição e à proteção das raízes contra os danos mecânicos e a desidratação, além de propiciar o manejo mais adequado no viveiro, no transporte, na distribuição e no plantio (Gomes, 2003). As principais funções do recipiente são: conter substrato que permita o crescimento e a nutrição das mudas; promover adequada formação do sistema radicular; proteger as raízes de danos mecânicos e desidratação; contribuir para a máxima sobrevivência e crescimento inicial no campo (Leles, 2006). Para Wendling et al. (2001), a possibilidade de reaproveitamento, os custos, a facilidade de manuseio e a disponibilidade no mercado, são critérios que devem ser observados na escolha do tipo de recipiente mais adequado para a produção de mudas. Parâmetros como possibilitar a mecanização das operações de enchimento, semeadura no viveiro e plantio no campo também são observados (Lisboa, 2012).

Na evolução das técnicas silviculturais para a produção de mudas, vários tipos de recipientes foram desenvolvidos para otimizar o crescimento das plantas e reduzir os custos de produção (Gasparin, 2015). Os sacos plásticos tiveram destaque até a década de 1980, principalmente nas mudas de espécies florestais (Lisboa, 2012). Atualmente, esses sacos são utilizados principalmente nos pequenos viveiros, em virtude de sua maior disponibilidade e menor preço (Santos, 2000). Outra opção para a produção de mudas, o tubete, teve sua utilização iniciada na década de 1970 e foi amplamente difundido no Brasil para mudas de espécies de crescimento rápido com fins comerciais devido às suas vantagens operacionais, econômicas e biológicas (Dobner Júnior, 2013). Os tubetes para mudas são pequenos recipientes cilíndricos fabricados a partir de materiais como plástico, bioplástico ou papelão, utilizados para o plantio de sementes ou mudas de plantas. Disponíveis em diversos tamanhos e capacidades, eles são ideais para o cultivo de mudas em viveiros, estufas e até mesmo em casa (Figura 1).


A


B

Figura 1: Tubete de plástico convencional (A) e tubetes produzidos com biomassas biodegradáveis (B).

Fonte: Autora

A mudança gradativa do uso dos sacos de plástico para os tubetes trouxe como vantagens a mecanização das operações da produção de mudas, facilidade operacional do processo e, com isso, menor quantidade de mão de obra, a ocupação de menor área do viveiro e a redução dos custos de transporte das mudas para o campo (Dobner Júnior, 2013; Lisboa, 2012). Outro fator interessante sobre os tubetes, é que eles possuem estrias internas que dificultam o enovelamento radicular das mudas, permitindo, maior desenvolvimento inicial em condições de campo (Davide e Faria, 2008). Atualmente, o mercado oferece tamanhos, volumes e formas diferenciadas de tubetes, indicado de maneira geral para diferentes espécies.

Os tubetes geralmente são fabricados de polietileno (PE) e polipropileno (PP), polímeros derivados do petróleo, sendo estes encontrados em diversos produtos comercializados atualmente. Esses tipos de materiais apesar de possuírem baixo custo, possuem alta resistência à biodegradação (Costa, et al., 2016)

Sendo assim, frente a tal característica, os tubetes podem ser desvantajosos diante do ponto de vista ambiental, visto que, com a necessidade de atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável (ONU, 2021), a tendência é que as empresas adquiram uma responsabilidade socioambiental, optando por atos, atitudes e produtos que afetem positivamente o bem-estar socioambiental (Laender, 2020). As pesquisas têm sido direcionando a matérias-primas biodegradáveis, pois o seu uso pode auxiliar o meio ambiente sendo um produto que se degrada em menor tempo no solo quando comparado aos recipientes plásticos (Franchetti & Marconato, 2006).

Pesquisas sobre tubetes biodegradáveis estão sendo conduzidas no Brasil (Iatauro, 2004; Ferraz & Cereda, 2009; Pereira et al., 2007; Ferraz et al., 2015, Paula, 2022) e outros países, como na Malásia (Mohd Rafee et al., 2019), Estados Unidos (Ahn, et al., 2011) e Itália (Schettini et al., 2013; Candido et al., 2008). Itauro (2004) avaliou os tubetes elaborados com material biodegradável para o cultivo e aroeira, sendo observado diversos pontos favoráveis, como por exemplo, a possibilidade de diferenciar o recipiente pela possibilidade de incorporação de adubo e/ou fitorreguladores na formulação, com ajustes de acordo com a espécie ou variedade de planta a ser cultivada. Em pesquisa recente, tubetes foram desenvolvidos com diferentes proporções de cera de abelha e do resíduo proveniente do beneficiamento da castanha-de-caju. Em viveiro, o material mostrou-se resistente às exposições ao sol, às variações de temperatura ambiente e à rega diária, sem deformação da estrutura, oferecendo condições adequadas à produção de mudas, semelhantes aos tubetes de polipropileno (Paula, 2022).

O comparativo do desenvolvimento da petúnia em saquinhos plásticos e tubetes biodegradáveis constituído a base de fécula de mandioca e raspa de madeira de MDF mostraram que as mudas nos tubetes biodegradáveis apresentaram desenvolvimento significativamente menor, demonstrando uma necessidade de adaptações na dimensão e formato dos tubetes (Ferraz & Cereda, 2009; Ferraz et al., 2015).

Pesquisas utilizando bioplástico e cascas de banana foram desenvolvidas, resultando na produção de dois tipos de recipientes biodegradáveis com diferentes proporções de biomateriais (B) e cascas de banana (PA). As proporções testadas neste estudo foram B50%:PA50% e B30%:PA 70%, onde ficou evidenciado que a menor proporção de cascas de banana diminuiu a resistência à tração do vaso biodegradável a ser preenchido com terra, e que o pote biodegradável B50%:PA50% se decompôs mais rapidamente (Mohd Rafee et al., 2019). Ahn e colaboradores, caracterizaram a biodegradação de bioplásticos à base de fibra de penas de aves (PFF) e ácido polilático (PLA) produzidos por extrusão e moldagem por injeção. A avaliação da biodegradabilidade desses bioplásticos foi através

da medição do dióxido de carbono (CO_2) produzido durante a compostagem controlada em laboratório. Foi evidenciado que os polímeros baseados em PLA são materiais prontamente biodegradáveis por meio de compostagem. No entanto, os vasos que continha as fibras de penas, diferia de outros componentes bioplásticos porque não era facilmente degradável (Ahn, et al., 2011).

Nos Estados Unidos, estudos tiveram como objetivo desenvolver compósitos biodegradáveis de pseudocaule de bananeira reforçados com resíduos agrícolas como folhas de abacaxi, inhame e fibras de aguapé. Os resultados que mais chamaram a atenção, mostram que os compósitos de banana-taro exibiram resistência à tração adequada (25 MPa), alongamento (27%), absorção de água (41%) e 82% de biodegradação em 60 dias. Foi observado que bandejas de mudas biodegradáveis fabricadas a partir de compósito de banana-taro apresentaram 95% de germinação de sementes de tomate e um aumento de 125 cm na altura da planta em 30 dias, superior às bandejas de plástico. A descoberta mostra que o estudo demonstra o potencial dos biocompósitos de banana-taro como alternativas aos vasos de plástico para viveiros, permitindo o crescimento saudável das mudas e eliminando a poluição por resíduos plásticos por meio da biodegradação (ANIRUDH, et al., 2024).

Embora ainda não haja resultados conclusivos sobre os custos, pressupõe-se que os tubetes biodegradáveis possam apresentar custos mais elevados em comparação aos tradicionais (Wendling, 2010). No entanto, pesquisas envolvendo tubetes biodegradáveis são recentes e altamente valorizadas por serem mais alinhadas com as propostas de conservação do meio ambiente (Ferraz et al., 2015).

CONCLUSÃO

Conclui-se que, apesar da expectativa de custos mais elevados para os tubetes biodegradáveis em comparação aos tradicionais, a recente valorização dessas pesquisas se deve à sua maior compatibilidade com as propostas de conservação ambiental. A adoção de tubetes biodegradáveis representa um avanço significativo no desenvolvimento de práticas sustentáveis na produção de mudas, integrando a necessidade econômica à responsabilidade ambiental e contribuindo para um futuro mais sustentável.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa – PQ/UEMG (Edital 10/2022) e Programa Institucional de Apoio à Pesquisa da UEMG - PAPq (Edital 11/2022) e à FAPEMIG (Chamada nº 09/2022 – Fortalecimento e Consolidação da Pesquisa na UEMG e UNIMONTES – APQ-03287-22).

REFERÊNCIAS

AHN, H. K., HUDA, M. S., SMITH, M. C., MULBRY, W., SCHMIDT, W. F., REEVES, J. B.; Biodegradability of injection molded bioplastic pots containing polylactic acid and poultry feather fiber,Bioresource Technology, 102 (7), 4930-4933, 2011.

ANIRUDH, M. K., NANDHU LAL, A. M., HARIKRISHNAN, M. P., JIJO JOSE, THASIM, J., WARRIER, ASWIN. S., RANGASWAMY VENKATESH, UDAY BHANU PRAKASH VADDEVOLU, ANJINEYULU KOTHAKOTA.; Sustainable seedling pots: Development and characterisation of banana waste and natural fibre-reinforced composites for horticultural applications, International Journal of Biological Macromolecules, 270, part 1, ISSN 0141-8130, 2024.

CANDIDO, V.; CASTRONUOVO, D.; MANERA, C.; MICCOLIS, V.. Poinsettia (Euphorbia pulcherrima) cultivation in biodegradable pots: Mechanical and agronomical behavior of pots and plant traits. Acta Horticulturae, 801, p.1563–1570, 2008.

COSTA, J.P.; DUARTE, A.C.; ROCHA-SANTOS, T. Plástico no ambiente. Recursos Hídricos, 40 (1), 11-18, 2016.

CUNHA, F. L., SILVA, O. M. C., ARAUJO, V. C., VENTURIN, N., MELO, L. A.; Carbonized coffed straw in renewable substrates for sugar production of *Eucalyptus urophylla* and *Anadenanthera macrocarpa*. Ci. Fl., Santa Maria, 32 (2), 548-572, 2022.

DOBNER JÚNIOR, M., TRAZZI, P. A., HIGA, A. R., SEITZ, R. A.; Influência do volume do tubete e do método de plantio no crescimento de um povoamento de *Pinus taeda* aos nove anos de idade. Sci. For., Piracicaba, 41 (97), 7-14, 2013.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Produção de sementes e mudas de espécies florestais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 83-124, 2008.

FRANCHETTI, S. M. M. & MARCONATO, J. C.; Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. Química Nova, 29 (4), 811-816, 2006.

FERRAZ, A. V. & ENGEL, V. L.; Efect of the root trainers size on seedling quality of jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex dc.) Sandl.) and Guarucaia (Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan). Rev. Árvore, Viçosa-MG, 35 (3), 413-423, 2011.

FERRAZ, M. V., CEREDA, M. P., IATAURO, R. A.; Produção de mudas de petúnia comum em tubetes biodegradáveis em substituição aos sacos plásticos. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, 9 (1): 74-83, 2015.

FERRAZ, M. V.; CEREDA, M. P.; Avaliação econômica e energética da utilização de tubetes biodegradáveis para a produção de mudas de *Petúnia comum* (Petunia x hybrida). Revista Energia na Agricultura, Botucatu, 24 (4), 65-76, 2009.

GASPARIN, E., ARAUJO, M. M., SALDANHA, C. W., TOLFO, C. V.; Controlled release fertilizer and container volumes in the production of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings Acta Scientiarum. Agronomy Maringá, 37 (4), 473-481, 2015.

GOMES, J. M., COUTO, L., LEITE, H. G., X, A., GARCIA, S. L.R.; Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K[1.] R. Árvore, Viçosa-MG, 27 (2), 113-127, 2003.

IATAURO, A.R. Avaliação energética da substituição de tubetes de plástico por tubetes biodegradáveis na produção de mudas de aroeiraSchinus terebinthifolius Raddi. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 59, 2004.

INSTITUTO ESCOLHAS. Quanto o Brasil precisa investir para recuperar 12 milhões de hectares de florestas?. São Paulo, 2016.

LAENDER, V. M. Os indicadores ESG (environmental, social and governance) divulgados por meio de relatos de sustentabilidade como paradigma atual para investimentos financeiros em empresas e a sua regulação no Brasil e na União Europeia. In: ARAGÃO, A.; GARBACCIO, G.L. (coord.). Compliance e sustentabilidade: perspectiva brasileira e portuguesa. Coimbra: Instituto Jurídico, 260, 2020.

LELES, P. S. S., LISBOA, A. C., OLIVEIRA NETO, S. N., GRUGIKI, M. A., FERREIRA, M. A.; Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. Floresta e Ambiente, 13 (1), 69-78, 2006.

LIMA, F. S., VENTURIN, N., CARLOS, L., SANTOS, S. C., MACEDO, R. L. G.; Efeito do espaçamento entre tubetes na produção de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight. &Arn. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 10 (18), 1426-1433, 2014.

LIMA-FILHO, P., LELES, P. S. S., ABREU, A. H. M., SILVA, E. V., FONSECA, A. C.; Seedling production of *Ceiba speciosa* in different colume of tubes using biosolids as substrate. Ci. Fl., Santa Maria, 29 (1), 27-39, 2019.

LISBOA, A. C., SANTOS, P. S., OLIVEIRA NETO, S. N., CASTRO, D. N., ABREU, A. H. M.; Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* E *Toona ciliata* Revista Árvore, Viçosa-MG, 36 (4), 603-609, 2012.

MARANA, J. P., MIGLIORANZA, E., FONSECA, E. P., KAINUMA, R. H.; Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. Ciência Rural, Santa Maria, 38 (1), 39-45, 2008.

MOHD RAFEE, S.N.A.; LEEM, Y.L.; JAMALLUDIN, M.R.; ABDUL RAZAK, N.; MAKHTAR, N.I.; ISMAIL, R.I. Effect of different ratios of biomaterials to banana peels on the weight loss of biodegradable pots. Acta Technologica Agriculturae, 1, 1-4, 2019.

ONU. Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil. Brasil: Nações Unidas Brasil, 2021. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br. Acesso em: 02 fev. 2021.

PAULA, Y. L.; Tubetes biodegradáveis a base de cera de abelha e resíduos da castanha-de-caju. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, RN, 2022.

PEREIRA, C. S.; SILVA, A. A.; CARVALHO, S. J.; GUIMARÃES, R. J.; POZZA, E. A. Tubetes biodegradáveis produzidos com cera de abelha. In: Simpósio de pesquisas dos cafés do Brasil, 5., 2007, Águas de Lindóia-SP. Anais [...]. Brasília-DF: Embrapa Café, 2007.

SANTARELLI, E.G. Produção de mudas de espécies nativas para florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares conservação e recuperação. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 313-317, 2004.

SANTOS, C. B., LONGHI, S. J., HOPPE, J. M., MOSCOVICH, F. A.; Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. Ciência Florestal, Santa Maria, 10 (2), 1-15, 2000.

SCHETTINI, E.; SANTAGATA, G.; MALINCONICO, M.; IMMIRZI, B.; MUGNOZZA, G.S.; VOXA, G. Recycled wastes of tomato and hemp fibres for biodegradable pots: Physicochemical characterization and field performance. Resources, Conservation and Recycling, v. 70, p. 9-19, 2013.

WENDLING, I.; Cultivo do eucalipto. Embrapa Florestas. Sistema de produção, 4 - 2 edição, 2010.

WENDLING, I.; GOTTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. Planejamento e instalação de viveiros. Viçosa: Aprenda Fácil, 120, 2001.

SOFTWARE PARA PREDIÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO PARA O PANTANAL

Acceptance date: 02/09/2024

Marcelo Gonçalves Narciso
Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, Goiás, Brasil

Balbina Maria Araújo Soriano
Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo mostrar o software desenvolvido para alertar a população sobre a possibilidade ou risco de ocorrer incêndio na região do Pantanal. Para a construção deste sistema foram levantados alguns métodos de risco de incêndio e a Fórmula de Monte Alegre (FMA) foi a mais apropriada para predição de risco, conforme as variáveis climáticas diárias como temperatura e umidade do ar, precipitação e velocidade do vento. Desta forma, usando dados climáticos disponibilizados na Internet e FMA, foi disponibilizado um sitio na Internet, chamado Saripan, no qual o usuário pode inserir seus dados climáticos da sua localidade e saber o risco de incêndio do dia desejado e também saber o risco de incêndio em diversas regiões do Pantanal e também em cidades do MS e MT.

PALAVRAS-CHAVE: risco de incêndio; Pantanal; sistema de alerta; Internet.

SOFTWARE FOR PREDICTING FIRE RISK FOR THE PANTANAL

ABSTRACT: This work aims to show the software developed to alert the population about the possibility or risk of a fire occurring in the Pantanal region. To build this system, some fire risk methods were investigated and the Monte Alegre Formula (FMA) was the most appropriate for risk prediction, according to daily climate variables such as air temperature and humidity, precipitation and wind speed. In this way, using climate data available on the Internet and FMA, a website called Saripan was made available, in which the user can enter their climate data for their location and know the fire risk for the desired day and also know the fire risk. in several regions of the Pantanal and also in cities in MS and MT.

KEYWORDS: fire risk; Pantanal; alert system; Internet

INTRODUÇÃO

No Pantanal, o manejo das pastagens naturais é complexo e dinâmico, em razão da grande variedade de fitofisionomias, que variam espacialmente e temporalmente, principalmente em função das condições climáticas. Muitas dessas fitofisionomias são propensas a incêndios que podem ocorrer acidentalmente ou provocados por práticas de manejo inadequadas de queimas em pastagem. Os incêndios podem levar a prejuízos irrecuperáveis, e mobilizar uma grande soma de esforços e recursos do setor público nas operações de prevenção e combate. Para ajudar na prevenção de incêndios no Pantanal, foi construído um sistema de previsão de risco de incêndio, através de software, conhecido por Saripan.

O software Saripan é acessado pela web e sua base de dados contém uma série de dados climáticos da região do Pantanal, de 2019 até a presente data, os quais são usados como entrada para fornecer resultados sobre índices de risco de incêndio na região desejada no Pantanal. A forma de se obter o risco de incêndio recomendado para a região do Pantanal é através da fórmula de Monte Alegre (SOARES, 1998), porém o usuário poderá ter acesso aos resultados de risco de incêndio através de outras fórmulas para o cálculo descritas na literatura (VOLPATO, 2002) que são a Fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA+), índice Nesterov, índice logarítmico Telecyn e índice de Angstron. Caso o usuário tenha os dados climáticos de sua região, que pode estar fora da região do Pantanal, o sistema permite a inserção destes dados, que deverão estar contidos em arquivo texto, para o cálculo do índice de risco de incêndio, e predizer o risco de incêndio para a data atual usando FMA.

Os dados climáticos do sistema são atualizados diariamente após às 14 horas (horário de Brasília) e são provenientes do Instituto Nacional MET (INMET, 2024), da base de dados do sistema de monitoramento Agrometeorológico Agritempo (AGRITEMPO, 2024) e, para o caso de algum dado faltante, são usados dados climáticos da base de dados climáticas de estações virtuais do sítio da Nasa (NASAPOWER, 2024). O acesso ao sítio do Saripan é através do link www.cnpaf.embrapa.br/saripan. A Figura 1 ilustra uma consulta ao sistema por meio de mapa.

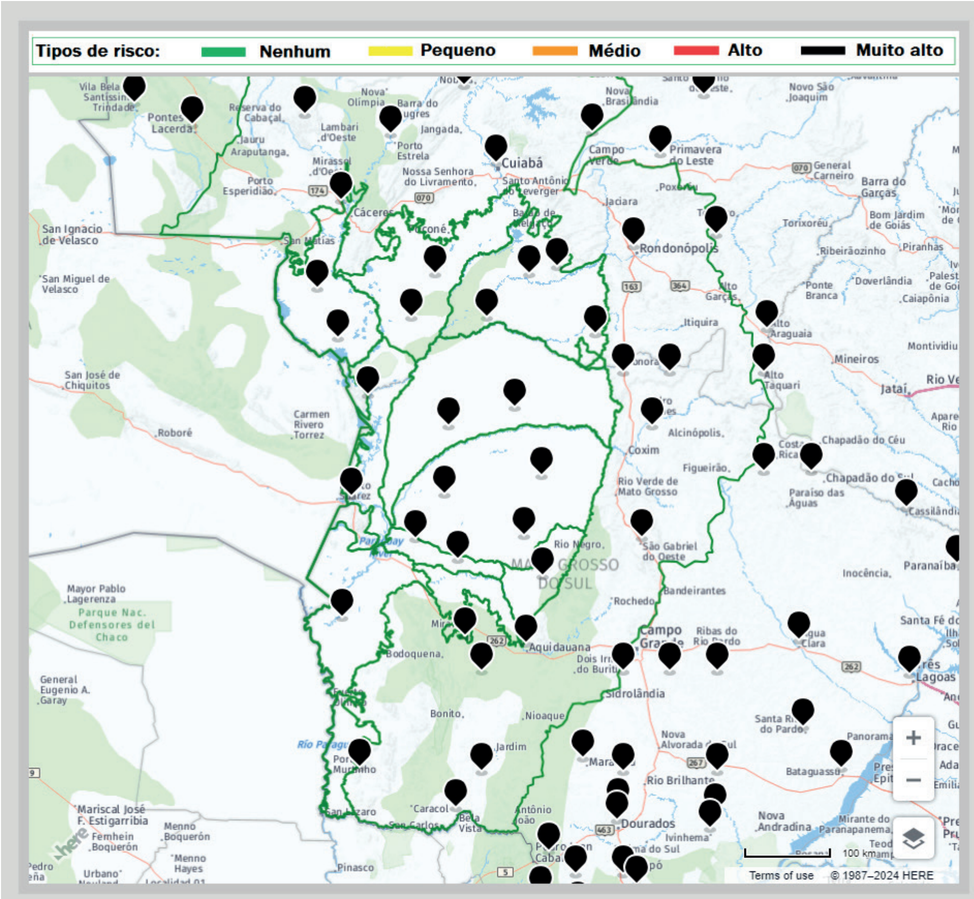


Figura 1 – Consulta a risco de incêndio no Pantanal em 04/07/2024.

Fonte: (captura de tela, 2024)

A importância do Saripan é quanto à existência de um sistema de alerta que informe o risco de incêndio para cada sub-região do Pantanal, possibilitando às autoridades ou interessados tomarem medidas preventivas quanto a um possível incêndio que venha ocorrer.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção descreve como foi desenvolvido o Saripan, Sistema de Alerta de Risco de Incêndio para o PANtanal, a partir das fórmulas para predição de risco de incêndio existentes na literatura, e as bases de dados climáticas na Internet.

Idealização do sistema

Para o desenvolvimento do sistema web para alertar ao usuário sobre o risco de incêndio no Pantanal, foram usadas fórmulas existentes na literatura, como a Fórmula de Monte Alegre (FMA) e a Fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA+), índice Nesterov, índice logarítmico Telecyn e índice de Angstron. Com dados de foco de incêndio na região, foi verificado qual software acertou mais quando havia risco e não havia. O FMA foi o que acertou mais, confirmando o que está descrito em (Soriano et al., 2015). Uma vez que a fórmula que melhor se adapta à região do Pantanal foi encontrada, FMA, seria necessário então dados climáticos diários para as cidades do pantanal e vizinhas, que cobrem MS e MT. Dado que existem as fórmulas citadas anteriormente neste parágrafo, e também existem instituições que disponibilizam dados climáticos, como o INMET, Agritempo e Nasa Power, foi possível obter as predições diárias do risco de incêndio na região do Pantanal, conforme o município e os dados climáticos associados.

Componentes e construção do sistema web Saripan

Um módulo do software, componente do sistema de informação Saripan, faz a busca diária de dados de temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e precipitação a partir de sítios das instituições que fornecem dados climáticos (INMET, Agritempo e Nasa Power), automaticamente, durante a madrugada, e alimenta a base de dados do sistema. Se outra instituição fornecer dados climáticos diários para a região do Pantanal, o sistema pode ser programado para adicionar estes dados à base de dados do Saripan. É importante ter mais de uma fonte de dados pois pode acontecer que uma estação meteorológica de uma determinada instituição não forneça os dados de um município, por algum motivo, em algum intervalo de dias, e então as demais instituições podem fornecer estes dados faltantes. A preferência do sistema Saripan é por dados medidos por estações automáticas, seguido por estações convencionais e dados climáticos estimados com precisão aceitável. Este módulo de captura de dados climáticos, para inserção na base de dados do sistema, não é acessível ao público, a não ser para o administrador deste sistema. O software para obter os dados climáticos das instituições citadas foi feito usando a linguagem php versão 7 e roda em ambiente CentOs 7 ou em ambiente Windows 10 ou superior e também em ambiente Linux, desde que tenha a versão 7 ou superior da linguagem php instalada. A base de dados usada pelo sistema é o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) MySQL.

A parte do sistema que é acessível ao público, que são as páginas acessadas pela web, contém informações de funcionamento do sistema ou manual online, visualização, através de mapa, do risco de incêndio nos municípios do Pantanal e algumas cidades do MS e MT. Além disso, possui também funcionalidade para inserção de dados climáticos do próprio usuário, para que este possa fazer a verificação, através do sistema, do risco

de incêndio em sua localidade ou propriedade. Estas páginas foram feitas com HTML 5, linguagem de programação javascript, que roda no computador do cliente, e linguagem php, que roda na estação servidora, além da base de dados mysql, que roda em um servidor, para guardar dados climáticos diários e demais dados a serem apresentados aos usuários.

Estes módulos que compõem o sistema Saripan (captura de dados climáticos e sistema web) foram testados pelos desenvolvedores, inicialmente, durante o desenvolvimento do sistema e, posteriormente, por público interno da Embrapa Arroz e Feijão e Embrapa Pantanal. Logo a seguir, foi apresentado para avaliação de público externo e por fim, após feitas as modificações sugeridas, testes e validação. Não havendo mais funcionalidades a serem implementadas, e homologado por público interno e externo às unidades Embrapa Arroz e Feijão e Embrapa Pantanal, o sistema foi disponibilizado através da URL https://www.cnpaf.embrapa.br/saripan e pode ser acessado a qualquer tempo pelo usuário. O ambiente de homologação do software foi o sistema operacional CentOS 7, o servidor de aplicação usado foi o Apache. O sistema é de acesso irrestrito e não necessita de cadastro.

RESULTADOS

O software Saripan, desenvolvido pelas Embrapa Arroz e Feijão (EAF, 2024) e a Embrapa Pantanal (EP, 2024), tem abas para informar sobre o próprio sistema, e servem para informar como usar o sistema, mostrar mapa de risco de incêndio na região do Pantanal e algumas cidades do MS e MT, consultas sobre a probabilidade de aparecimento de risco de incêndio, considerando dados do sistema ou do próprio usuário, e contato com a equipe de suporte do sistema. As abas sobre informações do sistema, contato e como usar são informativas e as abas sobre mapa e consulta sobre risco de incêndio são dinâmicas, e mostram informação conforme escolha ou ação do usuário. A Figura 2 ilustra a consulta de risco de incêndio no Pantanal através da aba “Mapas”.

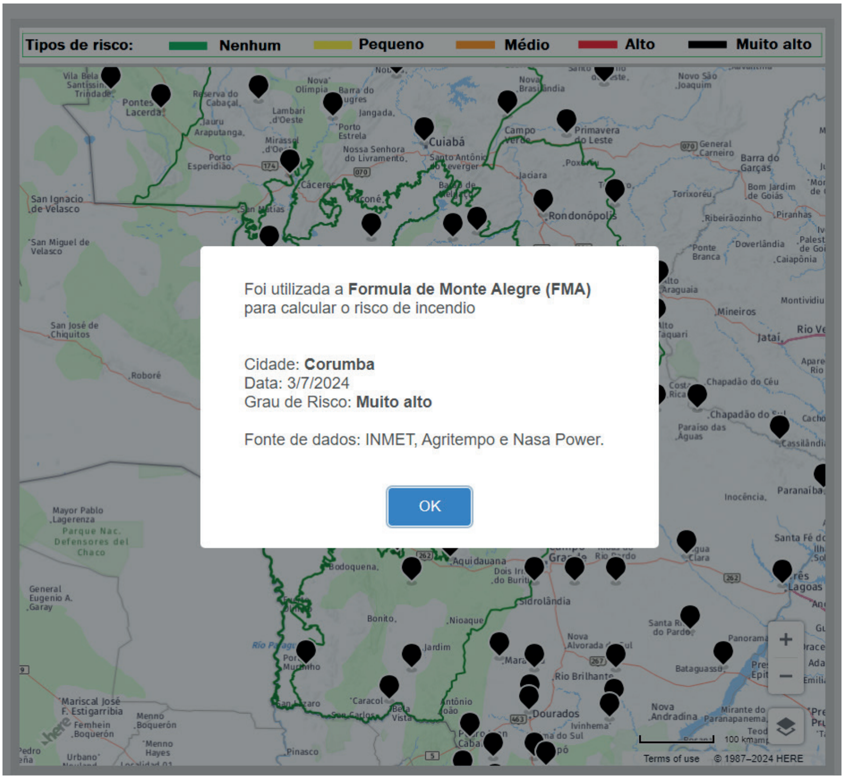


Figura 2– Mapa de risco de incêndio no Pantanal.

Fonte: captura de tela do software, 2024

No mapa, apareceram marcadores em forma de gotas, em cada município, indicando o risco de incêndio. A cor do marcador, em formato de gota, indica a severidade do risco de incêndio, variando de verde (nula) até preto (muito alta), conforme ilustram as Figuras 1 e 2 acima. Observe que, quando um marcador é ativado (click do mouse sobre a gota), aparecerão informações sobre o risco no município, conforme a Figura 2 ilustrou.

Na aba “ Risco”, irá aparecer um pequeno formulário, tal como descrito na Figura 3, a seguir, para escolha de opção de entrada de dados para cálculo do risco de incêndio.



Figura 3 – Escolha de município e o intervalo de dias. Fonte: captura de tela do software, 2024

Para escolher o município desejado e as datas desejadas para ver a severidades do risco, aparecerá um formulário, conforme ilustrado na Figura 4.

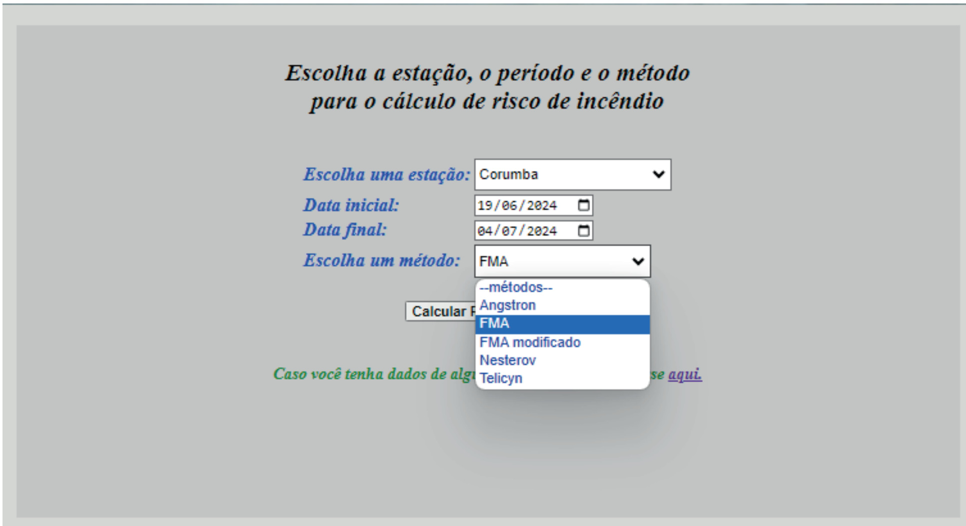


Figura 4 – Formulário para obter os riscos em uma data faixa de dias em Corumbá.

Fonte: captura de tela do software, 2024

Ao escolher os dados no formulário, os resultados são ilustrados na Figura 5, a seguir.

Corumba-MS

Latitude =-19; Longitude = -57.64

Dia	Mês	Ano	UR (%)	Precipitação (mm)	FMA	Perigo/Risco
14	6	2024	37.19	0	138.46	Muito Alto
15	6	2024	40.75	0.01	140.91	Muito Alto
16	6	2024	34.81	0	143.78	Muito Alto
17	6	2024	32.31	0	146.88	Muito Alto
18	6	2024	36.38	0	149.63	Muito Alto
19	6	2024	36.31	0	152.38	Muito Alto
20	6	2024	32.56	0	155.45	Muito Alto
21	6	2024	29.62	0	158.83	Muito Alto
22	6	2024	38.56	0	161.42	Muito Alto
23	6	2024	42.94	0	163.75	Muito Alto
24	6	2024	46.56	0.01	165.9	Muito Alto
25	6	2024	55.19	0	167.71	Muito Alto
26	6	2024	57.81	0	169.44	Muito Alto
27	6	2024	51.62	1	171.38	Muito Alto
28	6	2024	30	0	174.71	Muito Alto
29	6	2024	57	0	176.46	Muito Alto
30	6	2024	37	0	179.16	Muito Alto
1	7	2024	28	0	182.73	Muito Alto
2	7	2024	27	0	186.43	Muito Alto
3	7	2024	19	0	191.69	Muito Alto

Voltar

Figura 5 - Resultado da consulta.

Fonte: captura de tela do software, 2024

Para o usuário usar seus próprios dados, considerando a Figura 3, basta o usuário clicar na palavra “aqui”, ao final do formulário. Após isso, irá aparecer um formulário, tal como descrito na Figura 6.

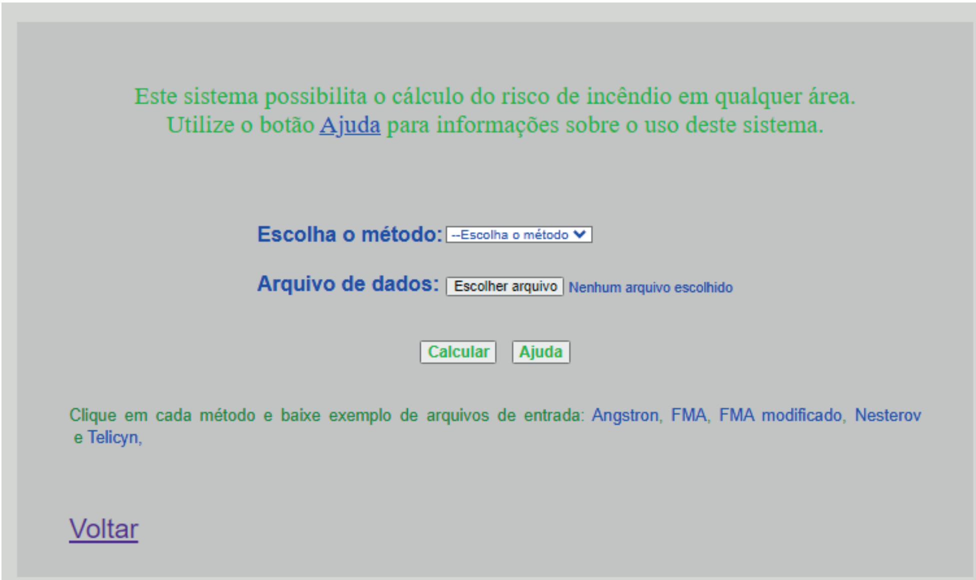
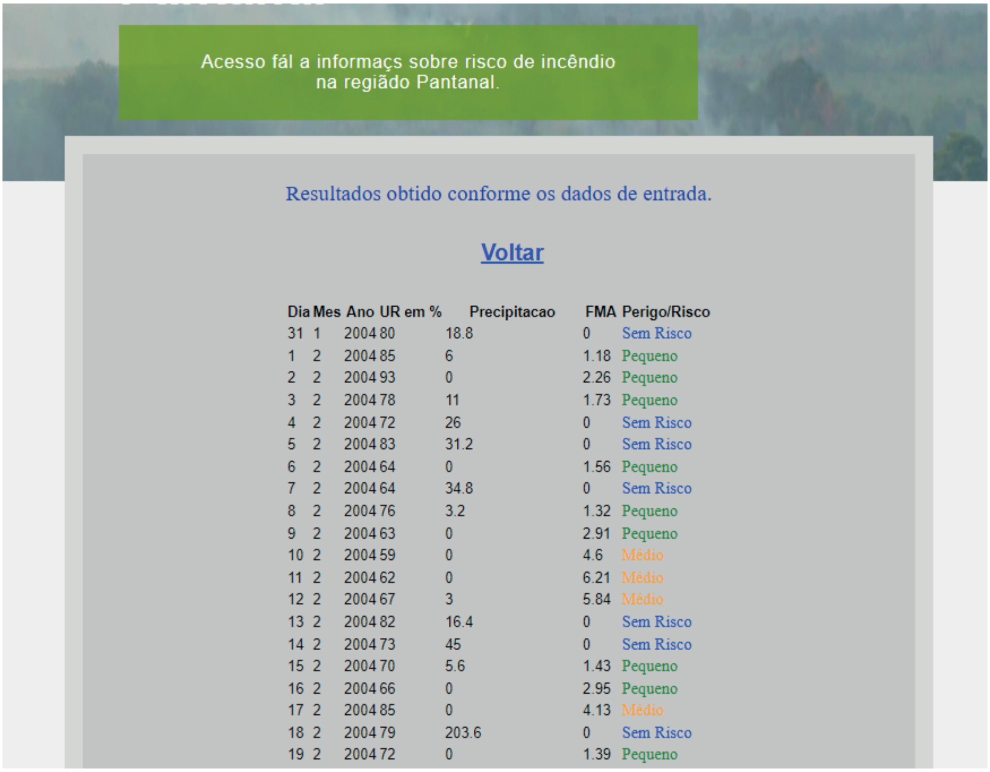


Figura 6 – Formulário para entrada de dados do usuário.

Fonte: captura de tela do software, 2024

O botão “Ajuda” contém dados sobre o conteúdo do arquivo de entrada, em formato csv, para ser lido com os dados de entrada, e assim fornecer a saída desejada. Basta a entrada de dados ser diária, com mais de dois meses de dados, para que o sistema possa prever corretamente o valor do risco hoje ou o dia mais próximo possível da data de hoje. A saída é tal como a Figura 7, mostrada a seguir. .



Dia	Mes	Ano	UR em %	Precipitacao	FMA	Perigo/Risco
31	1	2004	80	18.8	0	Sem Risco
1	2	2004	85	6	1.18	Pequeno
2	2	2004	93	0	2.26	Pequeno
3	2	2004	78	11	1.73	Pequeno
4	2	2004	72	26	0	Sem Risco
5	2	2004	83	31.2	0	Sem Risco
6	2	2004	64	0	1.56	Pequeno
7	2	2004	64	34.8	0	Sem Risco
8	2	2004	76	3.2	1.32	Pequeno
9	2	2004	63	0	2.91	Pequeno
10	2	2004	59	0	4.6	Médio
11	2	2004	62	0	6.21	Médio
12	2	2004	67	3	5.84	Médio
13	2	2004	82	16.4	0	Sem Risco
14	2	2004	73	45	0	Sem Risco
15	2	2004	70	5.6	1.43	Pequeno
16	2	2004	66	0	2.95	Pequeno
17	2	2004	85	0	4.13	Médio
18	2	2004	79	203.6	0	Sem Risco
19	2	2004	72	0	1.39	Pequeno

Figura 7 – Resultado da predição conforme dados de entrada.

Fonte: captura de tela do software, 2024

O software possui outras abas que podem ajudar o usuário a usar o sistema ou entrar em contato com os desenvolvedores. Na Aba “Orientações”, o usuário poderá ver como usar o sistema, com exemplos. Na aba “Métodos”, podem ser vistos os métodos usados para o cálculo do risco de incêndio e como eles funcionam. A aba “Interpretações” descreve como os dados devem ser interpretados, conforme o valor do risco (sem risco, pequeno, médio, alto e muito alto). As classes “alto” e “muito alto” significam vários dias sem chuva, o material combustível está seco e, consequentemente, com alto nível de inflamabilidade, enquanto as classes “sem risco” e “pequeno” indicam que o material combustível está com elevado teor de umidade e pouco inflamável. A permanência do índice nos graus de perigo alto e muito alto durante vários dias do ano aumenta a probabilidade de ocorrência de incêndio.

As funcionalidades do software descrito são úteis para o usuário tomar decisão sobre o combate ou prevenção. Este sistema tem sido mostrado ao público interno e externo desde 2019 e as sugestões foram acatadas, até que não houve mais mudanças e o sistema ficou estável. Uma das sugestões dos usuários foi quando a predição para dias posteriores ao dia de hoje, ou ainda, ter uma forma de predizer o dia de hoje dado ao atraso da estação em disponibilizar os resultados. A Figura 8 abaixo ilustra a predição para 3 dias após a última data de dados climáticos disponibilizados pelas instituições citadas anteriormente.

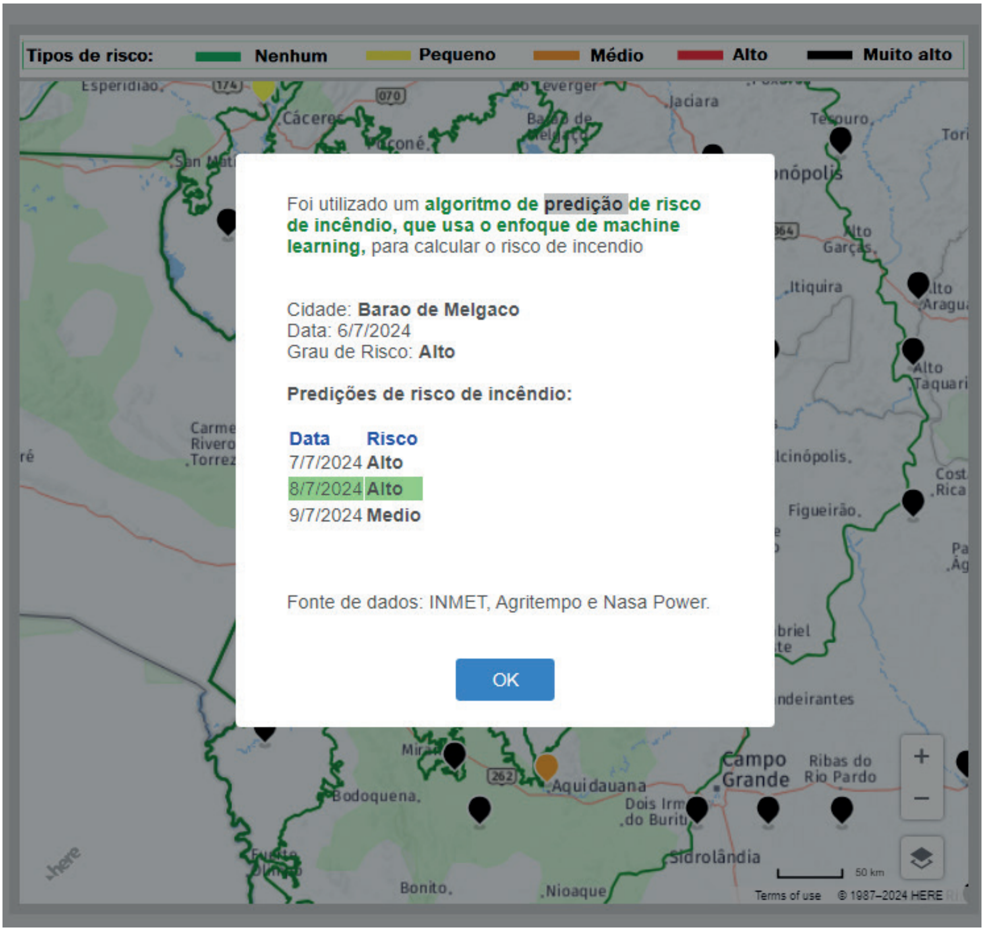


Figura 8 – predição de risco de incêndio para os próximos 3 dias, dada a data atual de 6/7/2024. Fonte: captura de tela do software, 2024

A predição para dias futuros, até 3 dias, está sendo implementada para as cidades do Pantanal e futuramente para as demais cidades de MT e MS que possuem estações climáticas do Inmet, preferencialmente, ou do Agritempo.

CONCLUSÃO

As funcionalidades do sistema Saripan, disponíveis aos usuários, são: mapa e tabelas mostrando predição de risco de incêndio por municípios; inserção de dados por parte do usuário para obter predição específica para o local onde foram colhidos os dados climáticos; descrição do sistema e manual online para orientar o usuário a como usar o sistema.

O sistema Saripan possibilita a predição de risco de incêndio, a qualquer instante, e permite ao produtor ou pecuarista da região do Pantanal, bem como os moradores da região, tomar decisão sobre o que fazer para evitar incêndios na região.

Uma vantagem deste sistema é quanto estar disponível a todo tempo, a qualquer hora e em qualquer lugar que tenha sinal de Internet. A prevenção de incêndio no Pantanal tem como aliado este sistema, que ajuda ao usuário tomar atitudes de prevenção contra incêndios, a qualquer tempo, conforme as predições do sistema.

Este sistema tem sido mostrado para o público externo desde 2019 e tem tido boa aceitação. Está no ar desde 2018, em sua primeira versão. Esta ferramenta pode também ser acessada pelo celular, através do sítio do sistema web Saripan, e assim ser de fácil acesso ao público em geral.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**, Disponível em <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em 01/07/2024.

EAF. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em < https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao>. Acesso em 01/07/2024.

EP. Embrapa Pantanal. Disponível em < https://www.embrapa.br/pantanal>. Acesso em 01/07/2024.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em 01/07/2024.

NASAPOWER. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, Disponível em <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Acesso em 01/07/2024.

SOARES, R. V. Desempenho da "Fórmula de Monte Alegre" índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. Cerne, Lavras, v. 4, p. 87 - 99, 1998.

SORIANO, B. M. A.; DANIEL, O. AND SANTOS, S. A. "Efficiency of fire risk indices for the Pantanal Sul-Mato-Grossense (in Portuguese)", Ciencia Florestal, 2015, vol. 25, number 4, pp. 809–816.

VOLPATO, M.M.L. Imagens avhrr-noaa para determinação do potencial de incêndios em pastagens. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, p. 97. 2002.

ANALYSIS OF THE APPLICATION AND EFFECTIVENESS OF THE REALIZA ANTICHAMAS PRODUCT

Acceptance date: 02/09/2024

Valdiney Koch
General Director of Realiza Antichamas

Valber Costa Júnior
(CBMDF), Specialist in Forest Fire Prevention and Control (UFPR), Specialist in Forest Fire Prevention and Control (CBMDF), HOT SHOT Training, US Forest Service, Fire and Explosion Expert (CBMDF)

Reinaldo Acris Menezes
Commander of the Amazonas Fire Department; Graduated in Physical Education; Specialist in Public Safety

Raquel de Souza Praia
Health Officer Nurse; Master in Gerontology; Head of the Biosafety Sector; Advisor to CONAERO

Altaci de Souza Gomes

Maely Salvador de Almeida Negrão
Head of B5 of CBMAM.

Adriano Rocha Felipe
CBMAM Logistics Director, Bachelor of Nursing and Law, Specialist in Obstetric Nursing, Public Management and Public Safety

Ciro Felix Oneti
Nurse, Master in Science Education - UEA; researcher at FUNATI-AM

Raimundo Jair Serafim da Silva
Director of Preven Fire Training Center Ltda

Tito Rolim de Lima
Occupational Safety Engineer CREA 26408-AM

Raimundo Serafim da Silva
Director of PH in Fire Safety

Adriana Rocha
Account Manager of Realiza AntiChamas

ABSTRACT: Flame retardant products are substances or treatments applied to materials to reduce their flammability and slow the spread of fires. They are widely used in various sectors, such as construction, automotive, electronics and textiles, where fire safety is crucial. These products work mainly by forming a protective layer that isolates the material from heat and flammable gases, thus preventing the fire from spreading quickly. This study aims to carry out an analysis of

the Realiza Antichamas product to help control fires with a focus on the Amazon environment and its particularities. In addition to specific flame retardant materials, such as flame retardant fabrics, there are also additives that can be incorporated into polymers, being these: micro and macro crystals, carbohidrates polyssacarides and other materials to improve their fire resistance properties.
KEYWORDS: Fire; Flame retardant; Combat; Control; Burn;

ANÁLISE DA APLICAÇÃO E EFICÁCIA DO PRODUTO REALIZA ANTICHAMAS

RESUMO: Produtos antichamas são substâncias ou tratamentos aplicados a materiais para reduzir sua inflamabilidade e retardar a propagação de incêndios. Eles são amplamente utilizados em diversos setores, como construção civil, indústria automotiva, eletrônica e têxtil, onde a segurança contra incêndios é crucial. Esses produtos funcionam principalmente por meio da formação de uma camada protetora que isola o material do calor e dos gases inflamáveis, impedindo assim que o fogo se propague rapidamente. Este estudo almeja realizar uma análise sobre o produto da Realiza Antichamas no auxílio ao controle de incêndios, com foco no ambiente amazônico e suas particularidades. Além de materiais específicos antichamas, como tecidos retardantes de chama, há também aditivos que podem ser incorporados a polímeros, sendo estes: micro e macro cristais, carboidratos polissacarídeos e outros materiais para melhorar suas propriedades de resistência ao fogo.
PALAVRAS-CHAVE: Fogo; Antichamas; Combate; Controle; Queima;

INTRODUCTION

Flame retardant products play a crucial role in fire protection, especially in the countryside, where exposure to accidental fires can have devastating consequences for property, people and the environment. These products are designed to slow the spread of fire, providing valuable time for safe evacuations, firefighting and asset protection (CONDOTTA et al, 2015).

In agricultural and rural settings, where flammable materials such as hay bales, burlap, wood and chemicals are frequently present, flame retardants can be applied pre-emptively to reduce the risk of fire. They typically work in two main ways:

1. Combustion Retardation: Flame retardant compounds act chemically to reduce the rate at which treated materials burn. This means that if a fire does start, it will spread more slowly, allowing a quick and effective response before the fire becomes uncontrollable.
2. Passive Protection: In addition to slowing combustion, some products also form a protective layer that prevents fire from directly reaching the underlying material. This can be especially important in rural structures such as barns and sheds, where highly flammable materials are often stored (CARSON et al, 2008).

The choice of the appropriate flame retardant product depends on the type of material to be protected, local environmental conditions and applicable regulations. It is essential to consider products that are safe for the environment and human health, as well as effective in a variety of climatic conditions (LUMAY, 2012).

In summary, a flame retardant product is a vital preventative measure for reducing the risk of fires, protecting property, animals and human lives. Investing in fire protection technologies can make a significant difference in the safety and resilience of rural communities against fire-related disasters.

Realiza AntiChamas is a product that aims to ensure fire prevention/fighting in a sustainable and ecological way, presenting itself as an advantageous option in assisting fire departments, with specific action both in fighting forest fires, a recurring phenomenon in the state of Amazonas, as well as in fires of other natures.

OBJECTIVES

General

To address the process of using new firefighting technologies through scientific tests with the **Realiza Antichamas** product.

Specific

- To evaluate the amount of **Realiza Antichamas** product on the burning intensity and flame height of pre-selected materials;

- To verify the use of **Realiza Antichamas** regarding the effectiveness and efficiency of the product;

- To determine the degree of difficulty in handling the product;

- To compare the difference between the results with the usual and biotechnological firefighting techniques.

THEORETICAL FRAMEWORK

Reducing the spread of forest fires is extremely important for several reasons, all of which are crucial to safety, sustainability and the economy. According to Schumacher and Dick (2018), forest fires have several harmful effects. Some key points are:

- Damage to the soil;
- Production capacity of the forest or settlement;
- Recreational aspect of the forest;
- Wildlife;
- Vegetation;
- Protective nature of the forest;
- Atmospheric air;

- Various properties;
- Human life.

To meet the above points, effective strategies are necessary, which include proper management of vegetation around forest areas, the establishment of firebreaks, the use of products with flame-retardant properties, the use of irrigation techniques that reduce flammability, education on fire prevention and the development of robust and feasible emergency plans.

Collaboration between government authorities, production sectors and fire management experts, as well as the involvement of the local community, is essential to mitigate risks, minimize emissions and protect both the environment and human life. In this sense, the **Realiza AntiChamas** product, a water-soluble powder compound and presented for fighting fires in the form of a solution, presents itself as a solution to the problems highlighted.

METHODOLOGY

To represent and analyze the findings in the study, events related to the implementation of product application practices will be categorized through a participant observation stage that will generate qualitative data. Preliminary tests had already been initiated the previous year in the Federal District and in Goiás by the product's industrial team.

The data analysis aims to organize and summarize the data in such a way that it allows for the provision of answers to the proposed problem (GIL, 2008).

The content analysis techniques defined by Bardin (2011) and Minayo (2007) will be used to analyze the qualitative data. For these authors, the data analysis process involves several phases to obtain meaning from the data collected. Regarding the essential stages of content analysis, Bardin (2011) and Minayo (2007) use different terminologies, but similar in their actions.

Given this diversification and also due to the terminological approximation, Bardin (2011) and Minayo (2007) will be used as reference to describe the three phases of content analysis: pre-analysis, exploration of the material and, finally, the treatment of results, inference and their interpretation.

RESULTS

The practical activity of analyzing the application of the product under study was undertaken on July 4, 2024, in the burning yard of the company Preven Fire, located at Av. Colantino Aleixo, Puraquequara neighborhood, Manaus-AM, under strict supervision of professionals from CBMAM, CBMDF and the host company.

The weather conditions during the tests were measured with an analog weather station from Forest Suppliers (US Forest Service), with relative humidity of 55% at 11:30 am, the time of the tests; ambient temperature of 35.5°C; wind speed below 2 mph, blowing at the magnetic head of 130º.

Fire simulations were performed in two scenarios: wood and rubber, with the materials divided in the yard and grouped in pairs (case-control and test with the product). At 11:30 a.m., a standard burning of wood began, which was later extinguished with water. Then, another burning was carried out, this time with rubber, which was also extinguished with water. Then, the sequence was repeated, using the product Realiza AntiChamas to combat the fire.

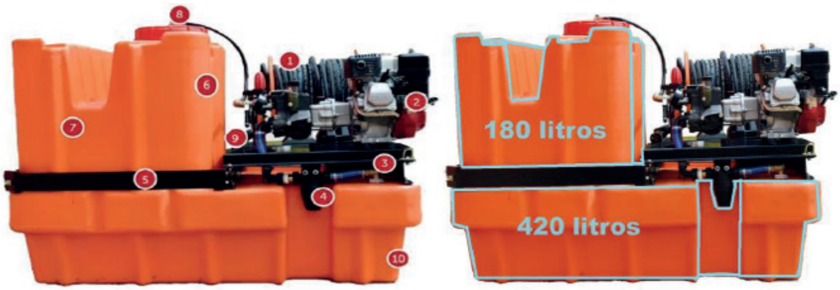
The burnings were initially fueled with a mixture of diesel and gasoline in a 5:1 ratio, using 5 liters of the mixture, placed on a bulkhead 40 cm below the arrangement of wood to set it on fire, and 1 liter on top of 5 tires for the same purpose. The timing of the initial exposure time to the fire was established at 4 minutes for the wood and 5 minutes for the rubber, allowing the flames to spread uncontrollably.

Once the initial exposure time to the fire had elapsed, in each of the four cases under study, the firefighting began, carried out by specialized military personnel from CBMAM, and the entire action (initial burning, combat and aftermath) was duly filmed, with the corresponding time recorder.

The firefighting aspects taken into consideration were: volume of liquid used to extinguish the flames and in the aftermath (pure water and Realiza Antichamas solution), time taken to extinguish the flames, density and extent of the smoke produced during the burning and, finally, the reignition of the sample.

The firefighting equipment used was the standard equipment used at the CBMAM, made by Guarany, with a gasoline engine and a capacity of 600 liters, similar to the one illustrated below:

TECHNICAL CHARACTERISTICS:



1. Reel attached to a metal support with 30-meter hose, rubber discharge hose with steel braid and support for reinforced reel.
2. 4-stroke engine coupled to pump and reducer
3. Protected suction hose
4. Filter built into the tank for greater protection
5. Rear fixing structure
6. Tank level sight glass
7. Rotomolded tank in high-resistance plastic with a design that provides a wave breaker function
8. Main filling nozzle and hydrojet for fast filling
9. Support for discharge lance on the chassis with discharge lance for full jet and spray
10. Tank drain

It should be noted that the emphasis of the study was on carrying out the procedures in an open environment to simulate the scenario of everyday life in the Amazon in a more realistic manner and that, for control purposes, the fights were first carried out with pure water, and then the **Realiza AntiChamas** product was added directly to the equipment tanks.



Pallets before the experience

A stacked pallet model was used in duplicate for supervised burning. In both cases, the burning lasted four minutes before interventions to extinguish the flames were initiated. The container below the pallets contained the diesel and gasoline mixture. The test also involved a duplicate experiment with arrangements of five tires and an initial burning time set at five minutes.



Tire stack for the experience

Observers from the company Preven Fire, safety engineers, members of the Court of Auditors of the State of Amazonas (TCE-AM) and military personnel from CBMAM received a questionnaire that was answered while completing their observations of field actions.

In the first test of the first battery (wood + pure water), for about 11 minutes and 30 seconds, the CBMAM firefighter used the water jet from the 600-liter pump to extinguish the flames. The fire reignited just 30 seconds after the flames had gone out. About 1 more minute and 30 seconds were needed with water to definitively control the flames.

In the test with tires, using pure water, there was a significant production of dark smoke and the fire was controlled in about 2 minutes and 50 seconds, with extensive melting and destruction of the tires. No reignition was observed, a fact associated with the excess water used in the operation. However, with induced reignition (using 1 liter of diesel/gasoline mixture), the flames returned to the levels prior to the firefight.



Fire test beggins

The tests on the second set (water added with the Realiza AntiChamas product, in the proportion of 0.7g of the product per liter of water) revealed impressive results, extinguishing the flames in the wood arrangement in approximately 3 minutes and 50 seconds, approximately 7 and a half minutes faster than observed in the previous test.

It was also observed that there was no re-ignition, in addition to better structural preservation and integrity of the wood in the initial arrangement, compared to the structure in the first test, which was partially toppled. It is also worth noting that the observers were invited to touch the wood in the second pile, manually measuring the abrupt cooling, much greater than expected, immediately after the flames were extinguished, which eliminates the risk of burns by contact.



Structure well preserved

In the test with tires and firefighting with Realiza AntiChamas, the fire was extinguished in just 46 seconds, approximately 2 minutes faster than the conventional firefighting method previously tested. However, a small reignition occurred inside one of the tires, initially attributed to the lack of contact of the product with the rubber in that location, given the speed of the initial combat.

In induced reignition (using 1 liter of diesel/gasoline mixture), the flames resumed, but only in the areas where the fuel came into contact with the rubber, with the flames remaining at a low intensity and not spreading. After approximately two minutes of forced reignition, the flames generated were extinguished in just 1 second, using the product's liquid.



Tires burning

The pump of the pik up kit was operated by Corporal Raimunda Nunes, who was responsible for turning it on, off and changing the pressure levels as needed. During the first experiment (water only), the flame-fighting was conducted by 3rd Sergeant Dirley Souza on the pallets and tires. During the second experiment (water with the product), the combat was carried out by student soldier Matheus Portela on the wooden pallets. Corporal Dirley finished the second experiment by extinguishing the flames on the tires.

FINAL CONSIDERATIONS

The audience was impressed with the results obtained in the product demonstration compared to the demonstration of the conventional method, using only water. It can be inferred that Realiza AntiChamas fulfills its role as an ecological retardant/fighter, as we can see that the use of water can be reduced during the occurrences and the flames are extinguished in less time, generating less CO_2 emissions into the atmosphere and reducing heat emissions into the environment, since the flames are extinguished in less time, in addition to preserving the health of the firefighters involved.



Sample of the product

Again, it is observed that the firefighter wears out less and is also less exposed to occupational risks, since he spends less time controlling the flames, in addition to having a greater portion of the property preserved from fire damage.

The tests were conducted under the supervision of CBMAM firefighters, with the purpose of ensuring due protection for spectators/evaluators and efficiency in fighting the flames. It is worth noting that the product that is the subject of this study is primarily used as a flame suppressant (firefighting), which is the focus of the tests performed.

THANKS

3rd Sgt. Dirley Francisco de Souza – CBMAM Logistics Director, Bachelor of Mathematics, Specialist in Public Safety.

CB Raimunda Serrão Nunes – Director of Technical Activities (DAT), Graduated in Nursing, Specialist in Public Safety

Student Soldier Matheus de Almeida Portela – Training and Improvement Center for Enlisted Personnel (CFAP), Bachelor of Civil Engineering, Specialist in Fire and Panic Safety Engineering

REFERENCES

BARDIN, L. **Análise de contéudo**. 70. ed. Lisboa: Persona, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: HUCITEC, 2007.

CONDOTTA, RODRIGO, ELIZABETH BITTENCOURT DA COSTA, and RICARDO AURÉLIO DA COSTA. "PROPRIEDADES DE FLUXO DE PARTICULADOS USADOS EM COMPOSIÇÕES POLIMÉRICAS ANTICHAMA." *Blucher Chemical Engineering Proceedings* 2.1 (2015): 75-81.

LUMAY G., BOSCHINI, R., TRAINA, K., BONTEMPI, S., REMY, J.-C., CLOOTS, R., VANDEWALLE, N. Measuring the flowing properties of powders and grains. Powder Technology. v.224, p.19-27, 2012.

CARSON J.W., TROXEL T.G., BENGTSON K.E. Successfully scale up solids handling. Jenike Andamp; Johanson, Inc., 2008.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA: Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Pós Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade da Grande Dourados. Atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV . Atuou como Professor Substituto de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS: Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais -UFMG (2013), graduação em letras inglês pelo Instituto Superior de Educação Ibituruna (2008), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2016) e doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP (2019). Atualmente é professora efetiva na Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD. Durante o mestrado, trabalhou na área de concentração: Recursos Hídricos e Ambientais, Linha de pesquisa: Manejo e aproveitamento de resíduos agroindustriais, já no doutorado, trabalharam na área de Irrigação e Drenagem. Atua prioritariamente com os seguintes tópicos: Irrigação pressurizada, Manejo de culturas irrigadas, Fertirrigação, Manejo, tratamento e disposição de águas residuárias, sistemas alagados construídos *(wetlands*), Biodigestão anaeróbia e Controle de poluição.

ROLDÃO CARLOS ANDRADE LIMA: Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual do Maranhão - Centro de Estudos Superiores de Imperatriz (UEMA/CESI) incorporada a Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) criada pela Lei Estadual 10.525/16. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul. Especialista em Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental pelo Instituto Prominas. Especialista em Máquinas e Mecanização Agrícola pela Faculdade Cristo Rei. Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Atualmente é Docente do Ensino Superior na Universidade Estadual de Goiás (UEG), campus de Ipameri-GO

INDEX

INDEX

P

Q

R

S

T

AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 3

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
2024

AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 3

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
2024